
UNIVERSIDADE DE AVEIRO

DEPARTAMENTO DE DIDÁCTICA E TECNOLOGIA EDUCATIVA

**IMAGENS DE CIÊNCIA VEICULADAS POR MANUAIS DE QUÍMICA DO
ENSINO SECUNDÁRIO - IMPLICAÇÕES NA FORMAÇÃO DE
PROFESSORES DE FÍSICA E QUÍMICA**

Dissertação apresentada para a obtenção do Grau de Mestrado em Supervisão -
especialidade de Física e Química, preparada sob a orientação do Prof. Dr. António
Cachapuz.

CARLOS ALBERTO COSTA CAMPOS

**AVEIRO
1996**

RESUMO

A Reforma Curricular em curso aponta novas metas para o ensino da Física e da Química, algumas delas consonantes com perspectivas construtivistas de ensino/aprendizagem e com uma visão moderna da Ciência e dos cientistas.

O manual escolar tem sido apontado como um dos instrumentos didáticos de grande importância no ensino das ciências, sendo um veículo de transmissão de imagens sobre a natureza da Ciência e da construção do conhecimento científico e um factor determinante na implementação do currículo e das abordagens de ensino por parte dos professores. No entanto, são analisadas dificuldades na formação epistemológica desses professores, no essencial, baseada em quadros empiristas/indutivistas.

Este estudo pretende contribuir para a formação epistemológica dos professores de Física e Química através da reflexão acerca daquelas imagens veiculadas por manuais escolares.

Mais concretamente trata-se de analisar, até que ponto os manuais editados recentemente, de acordo com os novos programas, veiculam imagens de Ciência congruentes com perspectivas epistemológicas contemporâneas de cariz racionalista/construtivista, contribuindo assim para a consecução das finalidades e objectivos gerais dos novos programas de Físico-Química.

Analisaram-se 4 manuais de Química usados no ensino secundário, em particular em relação ao tópico "Reacções Ácido-Base", segundo três dimensões de análise: Metodologia da Ciência, Relações Ciência/Tecnologia/Sociedade e História da Ciência.

A técnica utilizada foi a análise (qualitativa) de conteúdo, tendo-se construído um instrumento de análise onde se definiram e operacionalizaram diversas categorias para cada uma daquelas dimensões. A validade interna do instrumento foi garantida

através de dois juízes, que se pronunciaram sobre a definição das dimensões e categorias de análise e sua operacionalização. O problema da fidelidade dos resultados traduziu-se na concordância de outros investigadores com os resultados obtidos (fidelidade inter-codificadores) e do autor do estudo em momentos diferentes da análise (fidelidade intra-codificador). De um modo global, os resultados apontam para imagens de Ciência veiculadas por aqueles manuais de raiz empirista/positivista.

Sugerem-se alternativas para a elaboração e exploração de materiais didáticos, a usar por alunos e professores, que facilitem a construção de imagens mais adequadas por parte dos alunos sobre a natureza da Ciência e da construção do conhecimento científico. Apresentam-se detalhes para a realização de um "workshop" para professores de Física e Química com a finalidade de os sensibilizar para a problemática manuais escolares/ imagens de Ciência por eles veiculadas.

ABSTRACT

New Curricular Reform in Portugal proposes new aims to the teaching of Physics and Chemistry, some of them congruent with constructivist teaching perspectives and with a modern vision of Science and scientists.

Textbooks have been considered as one of the most important educational resources in science teaching because of its role in the construction of pupil's images about the nature of Science and as a decisive factor in the teachers' approaches to the curriculum.

On the other hand, difficulties both in the epistemologic perspectives and practices of those science teachers have been reported. Most of the time those perspectives and practices are of the empiricist / inductive type. This study aims to promote the epistemologic education of physics and chemistry secondary school teachers through the reflection about images of Science transmitted by school textbooks.

More specifically, our objective is to analyse images of Science transmitted by Chemistry Textbooks and its relationship with modern epistemologic perspectives of rationalist / constructivist type.

Four Chemistry Textbooks used in secondary level (11 th grade) were analysed, specially the topic "Acid-Base". Three dimensions were explored: Scientific methodology, Science- Technology - Society relationships and History of Science. Content analysis was used as the technique.

Internal validity of the analysis instrument was guaranteed by two independent judges. Reliability of the results was based on intercoder reliability and intracoder reliability.

On the whole, results corroborate the main research hypothesis of this study, e.g., the saliency of empiricist / positivist images.

Suggestions of alternative teaching materials to be used in chemistry classrooms are put forward. Details of a workshop for physics and chemistry teachers are presented.

AGRADECIMENTOS

*Em primeiro lugar, gostaria de agradecer ao **Prof. Dr. António Cachapuz** pela orientação esclarecida e formativa que prestou ao longo de todo o período de elaboração desta tese de dissertação. As suas observações pertinentes, o seu espírito crítico e a sua dedicação para a concretização da presente dissertação, contribuíram em muito para a formação do autor no plano teórico e no da prática da investigação.*

*Os meus agradecimentos vão também para a **Drª Isabel Martins**, da Universidade de Aveiro, para o **Dr. João Praia**, da Faculdade de Ciências do Porto e para a **Drª Fátima Paixão** da Escola Superior de Educação de Castelo Branco, pelo apoio e motivação sempre prestados e pelos contributos imprescindíveis, sem os quais não teria sido possível levar a bom termo o presente estudo.*

*Uma palavra particular de agradecimento para o **Prof. Dr. Amorim da Costa**, da Universidade de Coimbra, pela sua disponibilidade no apoio bibliográfico e na revisão de partes deste estudo relacionadas com a História da Química.*

*Gostaria também de agradecer a todos os colegas de mestrado e **aos colegas da Escola Secundária de Rio Tinto** que, de uma forma ou doutra, contribuíram ao longo de quase dois anos para a concretização do estudo.*

ÍNDICE GERAL

CAPÍTULO 1 - FUNDAMENTAÇÃO E PROBLEMA EM ESTUDO.....	1
1 ENQUADRAMENTO TEÓRICO.....	1
1.1 A EPISTEMOLOGIA DAS CIÊNCIAS E O ENSINO DAS CIÊNCIAS.....	1
1.2 A METODOLOGIA DA CIÊNCIA E O PAPEL DO TRABALHO EXPERIMENTAL.....	11
1.3 O MOVIMENTO DE INCLUSÃO DA HISTÓRIA E FILOSOFIA DA CIÊNCIA NOS CURRÍCULOS DE CIÊNCIAS.....	14
1.4 O MOVIMENTO C/T/S E A LITERACIA CIENTIFICA.....	17
1.5 A EPISTEMOLOGIA DAS CIÊNCIAS E A FORMAÇÃO DE PROFESSORES DE FÍSICA E QUÍMICA.....	21
2 PERSPECTIVAS EPISTEMOLÓGICAS SUBJACENTES À NOVA REFORMA CURRICULAR EM FÍSICA E QUÍMICA.....	24
2.1 PRINCÍPIOS ORIENTADORES DOS NOVOS CURRÍCULOS - SUA RELAÇÃO COM A NOVA FILOSOFIA DA CIÊNCIA.....	24
2.2 ORIENTAÇÕES METODOLÓGICAS E ORGANIZAÇÃO DO ENSINO-APRENDIZAGEM.....	31
3 DA RELEVÂNCIA DOS MANUAIS ESCOLARES AO PROBLEMA EM ESTUDO.....	36
4 FINALIDADE E OBJECTIVOS DO ESTUDO.....	41
CAPITULO 2 - REVISÃO DA LITERATURA.....	42
1 TIPOS DE ESTUDOS EXISTENTES NA LITERATURA SOBRE MANUAIS ESCOLARES DE CIÊNCIAS.....	42
2 ESTUDOS SOBRE AS IMAGENS DE CIÊNCIA VEICULADAS POR MANUAIS ESCOLARES DE CIÊNCIAS.....	49
CAPITULO 3 - METODOLOGIA DO ESTUDO.....	63
1 DESENHO EXPERIMENTAL.....	63
2 SELECÇÃO DO CAPÍTULO DE ÁCIDO-BASE E DOS MANUAIS ANALISADOS.....	64
3 TÉCNICA DE ANÁLISE UTILIZADA.....	65
4 CONSTRUÇÃO DAS DIMENSÕES E CATEGORIAS DE ANÁLISE.....	67
4.1 AS DIMENSÕES DE ANÁLISE.....	67
4.2 DEFINIÇÃO DAS CATEGORIAS DE CONTEÚDO.....	69
5 CONTRUÇÃO DO INSTRUMENTO DE ANÁLISE.....	81
5.1 OPERACIONALIZAÇÃO DAS CATEGORIAS.....	81
5.2 VALIDAÇÃO DA GRELHA DE ANÁLISE.....	84

CAPITULO 4 - ANÁLISE DOS MANUAIS E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS.....	87
1 MODELO DE TRABALHO	87
1.1 1ª FASE DA ANÁLISE	88
1.2 2ª FASE DA ANÁLISE	90
2 RESULTADOS DA ANÁLISE.....	95
2.1 MANUAL: ME 2.....	95
2.2 MANUAL : ME4.....	106
2.3 MANUAL: ME 12.....	114
2.4 MANUAL: ME 14.....	124
3 DISCUSSÃO DOS RESULTADOS DA ANÁLISE.....	134
3.1 MENSAGENS EXPLÍCITAS NOS MANUAIS E SUA CONCRETIZAÇÃO NO CAPÍTULO DE ÁCIDO-BASE.....	134
3.2 ESTRUTURA DA UNIDADE ÁCIDO-BASE NOS MANUAIS ANALISADOS	136
3.3 ANÁLISE COMPARATIVA DO CAPÍTULO ÁCIDO-BASE DOS MANUAIS.....	137
4 FIDELIDADE DOS RESULTADOS	142
CAPÍTULO 5 - CONCLUSÕES E IMPLICAÇÕES EDUCACIONAIS	145
1 CONCLUSÕES DO ESTUDO.....	145
2 SUGESTÕES DE TRABALHO.....	147
2.1 "WORKSHOP" PARA PROFESSORES DE FÍSICA E QUÍMICA.....	147
2.2 SUGESTÕES PARA FUTURAS INVESTIGAÇÕES.....	149
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	151

ÍNDICE DE ANEXOS

ANEXO 1 - MANUAIS DE QUÍMICA ANALISADOS OU CITADOS NESTE ESTUDO

ANEXO 2 - A HISTÓRIA DA QUÍMICA E O TEMA ÁCIDO-BASE

ANEXO 3 - FICHA DE TRABALHO A

ANEXO 4 - FICHA DE TRABALHO B

ANEXO 5 - CORRESPONDÊNCIA ENVIADA A EDITORAS E MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO

ANEXO 6 - CARTAS JUNTAS À DOCUMENTAÇÃO ENVIADA AOS JUIZES

ANEXO 7 - CORRESPONDÊNCIA RECEBIDA

ÍNDICE DE FIGURAS E QUADROS

FIGURA 1 - DIMENSÕES E CATEGORIAS DE ANÁLISE USADAS	80
QUADRO 1 - GRELHA DE ANÁLISE. DIMENSÃO: METODOLOGIA DA CIÊNCIA	82
QUADRO 2 - GRELHA DE ANÁLISE. .DIMENSÃO: RELAÇÕES CTS	83
QUADRO 3 - GRELHA DE ANÁLISE. DIMENSÃO: HISTÓRIA DA CIÊNCIA	84
QUADROS 4, 5 e 6 - RESULTADOS DA ANÁLISE MANUAL ME 2	102
QUADROS 7, 8 e 9 - RESULTADOS DA ANÁLISE MANUAL ME 4	110
QUADROS 10, 11 E 12 - RESULTADOS DA ANÁLISE MANUAL ME 12	118
QUADROS 13, 14 E 15 - RESULTADOS DA ANÁLISE MANUAL ME 14	128
QUADROS 16 - ORIENTAÇÕES GLOBAIS SEGUIDAS PELOS MANUAIS ANALISADOS	141

CAPÍTULO 1 - FUNDAMENTAÇÃO E PROBLEMA EM ESTUDO

1 ENQUADRAMENTO TEÓRICO

1.1 A EPISTEMOLOGIA DAS CIÊNCIAS E O ENSINO DAS CIÊNCIAS

Desde a última década, que se assiste a um movimento de reformas nos currículos de ciência, em todos os países ocidentais, na tentativa de dar resposta à crise diagnosticada no seu ensino, por diversos autores, (Yager, 1984 citado por Cleminson, 1990; Bybee et al., 1991 e Matthews, 1994, entre outros).

Diversas análises foram feitas, sobre as razões do fracasso das reformas curriculares dos anos 60 e 70, apontando-se que muitos daqueles projectos curriculares se baseavam em concepções sobre a natureza da Ciência e da construção do conhecimento científico, pouco adequadas do ponto de vista epistemológico e desfasadas de perspectivas contemporâneas da Filosofia da Ciência (Hodson, 1985, 1988; Duschl, 1988; Santos, 1991; Gil Pérez, 1992; De Boer, 1991, entre outros).

Aqueles projectos, punham a ênfase na estrutura das disciplinas científicas a ensinar, apoiando-se os diversos programas em amplos esquemas conceptuais, iniciando-se os alunos, desde muito cedo, às ideias fundamentais de cada uma das disciplinas, dando-se pouca importância às implicações sociais da Ciência e às suas relações com a Tecnologia/Sociedade. Esta forma descontextualizada de apresentar a Ciência, reflectia uma concepção sobre a natureza da Ciência, segundo a qual, ela deve ser compreendida, fundamentalmente, a partir da sua estrutura interna e não de quaisquer outras influências que lhe são exteriores. Ao nível dos processos, punha-se a ênfase na observação e na "descoberta", por parte dos alunos, das leis científicas, através da aplicação mecânica do chamado "método científico". Fazia-se depender os conceitos, leis e teorias, da interpretação e generalização dos factos observados.

"O modelo de aprendizagem por descoberta tem como pressuposto, a ideia que a Ciência é assegurada pela neutralidade da observação e da experimentação, pelo que a ênfase dada à observação supõe que qualquer um pode descobrir as leis escondidas da natureza" (Lopes, 1994).

Os métodos de descoberta, bastante popularizados nas reformas curriculares dos anos 60 e 70, parecem ter resultado da fusão daquelas ideias sobre a natureza da metodologia científica, com perspectivas de ensino centradas no aluno. Pretendia-se aproximar a aprendizagem das ciências às características do trabalho científico, considerando o aluno como um verdadeiro "cientista em acção", mas não se tinha em conta, que os alunos construíam as suas próprias ideias sobre os fenómenos que observavam. Estes métodos tiveram influência sobre as concepções de alunos e professores sobre a natureza da Ciência e da construção do conhecimento científico, embora não sejam a única variável a ter em conta.

Lederman (1992), fazendo uma revisão da investigação dos últimos 30 anos, sobre as concepções de alunos e professores acerca da natureza da Ciência, conclui que, os resultados da investigação dos efeitos curriculares nas concepções dos alunos sobre a natureza da Ciência, não são conclusivos, considerando-se hoje que " as variáveis mais importantes que influenciam as concepções dos alunos acerca da natureza da Ciência, são os comportamentos instrucionais, as actividades e as decisões implementadas pelo professor no contexto da sala de aula" (op.cit.).

É neste contexto, que a partir dos anos 80, se constata a necessidade de articular, em bases mais sólidas, o ensino das ciências com a filosofia da Ciência, ajudando os professores a dar consistência epistemológica às suas práticas. Abimbola (1983), constata que: "falta à educação em ciência uma direcção, assim como uma teoria e filosofia que possam guiar o desenvolvimento curricular e a instrução".

O domínio das posições empiristas/positivistas, (entende-se por empirismo/positivismo, um conjunto de teorias que abrangem o empirismo clássico, o positivismo e o positivismo lógico, e o empirismo lógico), no pensamento filosófico do pós-guerra, teve as suas repercussões na educação em ciência e influencia,

ainda hoje, muita da prática do ensino das ciências. Embora com algumas nuances, as posições empiristas/positivistas defendem que os resultados científicos são, em última instância, derivados da experiência. O empirismo clássico, defende o método indutivo, segundo o qual as leis e princípios universais podem ser induzidos, com certeza, da observação experimental. Segundo esta posição epistemológica, o conhecimento científico resulta da aplicação de um método científico linear e sequencial, que parte da observação neutra e desinteressada, para o estabelecimento das leis e teorias científicas.

Os positivistas modernos, tentaram resolver o problema da justificação lógica do método indutivo, através da noção de verificação ou confirmação. A teoria verificacionista estabelece que uma proposição científica tem significado se, e só se, existe um método empírico que possa decidir a sua verdade ou falsidade. A verificação de uma teoria ou hipótese, consiste em estabelecer uma implicação lógica entre uma hipótese (H) ou teoria (T) e uma qualquer conclusão empirico-experimental (E): se T ou H são verdadeiras, então observar-se-á E; se esta é observada então T ou H são verdadeiras. A validação das descobertas científicas, seria feita segundo critérios objectivos (uso da lógica formal na validação das teorias). O esquema lógico, atrás apresentado, é inválido já que, a afirmação do consequente não implica a verdade do antecedente (ver Matthews, 1994b; Chalmers, 1982 e Garrison & Bentley, 1990).

O positivismo estabelece uma clara separação entre o sujeito e o objecto de conhecimento; isto reflecte-se numa distinção entre teorias e factos, e entre estes e valores. Nega qualquer subjectividade na construção do conhecimento científico. Uma nova teoria, surge para o empirismo/positivismo, como um melhoramento em relação a uma teoria antiga, já que a nova abarca um domínio observacional maior, ou explica mais observações que a anterior, avançando o conhecimento científico por acréscimos (continuismo).

Para os empiristas/positivistas, a Ciência constitui uma forma autónoma de conhecimento e é possível entendê-la sem ter em conta tudo aquilo que a rodeia. Defendem uma visão internalista da Ciência, segundo a qual ela pode ser estudada

independentemente de quem a produz e das condições históricas e culturais em que emergiu.

A congruência entre esta perspectiva e as práticas tradicionais no ensino das ciências, tem sido por diversas vezes realçada, embora se reconheça não existir uma relação de causa-efeito entre elas.

Jiménez & Gallardo (1992), afirmam que " se considerarmos a Ciência como um corpo de conhecimentos, formado por factos e teorias que se consideram verdadeiros, então há que transmitir aos estudantes a verdade científica. Isto conduz a um ensino de transmissão de conhecimentos elaborados, cujo principal suporte é o livro de texto. Por outro lado, se o conhecimento se constrói aplicando o método científico, então há que ensinar os estudantes a realizar boas observações, para através delas, e por indução, chegarem a descobrir as leis da natureza ". Estes autores, consideram que o ensino por transmissão e a aprendizagem por descoberta, pese embora as suas diferenças a nível pedagógico, têm por base uma filosofia da Ciência de cariz empirista/positivista.

Garrison & Bentley (1990), consideram que o falso raciocínio, segundo a lógica verificacionista, é implementado, de forma corrente, pela ciência escolar e pelos manuais escolares. Estes autores consideram que o logro inducionista, faz parte do currículo oculto e a sua utilização pelos professores, sem qualquer questionamento, contribui para más formas de raciocínio por parte dos seus alunos. Ele é promovido pelos manuais escolares, por exemplo, na utilização de uma linguagem verificacionista na descrição dos acontecimentos da história da Ciência. Consideram que esta tendência confirmatória, é a tendência psicológica para ver apenas os exemplos positivos de uma teoria ou hipótese, e ignorar os exemplos negativos ou as experiências que as não corroboram. Esta tendência confirmatória, encontra-se também nas actividades para os alunos, propostas pelos manuais.

Cachapuz (1992), apresenta alguns exemplos de correspondência entre perspectivas empiristas e indutivistas e práticas correntes no ensino da ciências.

Santos & Praia (1992), também consideram, que a aprendizagem por transmissão ou a aprendizagem por descoberta, que designam de "paradigmas em crise", têm por base posições filosóficas empiristas/positivistas sobre a natureza da Ciência.

O primeiro filósofo a rejeitar a teoria verificacionista foi Karl Popper. Para este filósofo não há lógica indutiva; a falsidade de uma teoria pode ser inferida a partir de evidência empírica, através do método dedutivo. Popper contrapõe à lógica verificacionista uma lógica falsificacionista. Segundo esta, se uma teoria (T) é verdadeira então observar-se-á a conclusão empírica E; não sendo esta observada, então T não é verdadeira (Popper, 1987). A lógica formal parece apoiar o falsificacionismo, já que esta forma de raciocínio dedutivo é válida e conhecida por "modus tollens". Segundo Popper, o pensamento científico é um jogo constante entre hipóteses e as consequências lógicas que elas originam, um constante diálogo entre conjecturas e refutações, até que surja uma teoria que explique satisfatoriamente um dado fenómeno. A teoria falsificacionista, embora atraente, não está isenta de limitações. Por um lado, as teorias são falsificadas com base em observações, que são elas próprias, dependentes de uma teoria e falíveis. Feyerabend (1993), chega a dizer que é necessário introduzir uma nova teoria antes que, as observações que falsificam uma antiga teoria, possam ser feitas. Por outro lado, já que as teorias só podem ser falsificadas quando os enunciados básicos que as contradizem são aceites como verdadeiros, elas nunca podem ser falsificadas de forma conclusiva. A posição de Popper, acerca do tipo de relações que se estabelecem entre a Ciência e as restantes actividades humanas, continua a ser internalista, isto é, a Ciência deve ser analisada sem ter em conta o contexto da sua produção.

As implicações da teoria falsificacionista no ensino da Ciência, encontram-se ao nível do ensino dos processos de trabalho científico, onde os professores devem criar oportunidades para que os estudantes planeiem e implementem experiências, formulem hipóteses que os levem a conclusões provisórias, critiquem de forma lógica o seu trabalho e ajuízem da credibilidade das suas conclusões. Os estudantes devem-se aperceber que o conhecimento científico é falível e progride

por tentativa-erro (Garrison & Bentley, 1990). Uma outra implicação educacional, seria a de que a mudança conceptual dos estudantes, produz-se provocando conflito ou contradição com as suas teorias (Jiménez & Gallardo, 1992).

O falsificacionismo de Popper, é entendido por alguns autores (Abimbola, 1983), como uma doutrina de transição entre o empirismo lógico e aquilo que designam por "Nova" Filosofia da Ciência. Esta designação é entendida como uma designação "guarda-chuva" de várias perspectivas contemporâneas da Filosofia da Ciência, divergentes em alguns pontos, mas que disputam ao empirismo lógico o primado actual da Filosofia da Ciência. À "Nova" Filosofia da Ciência estão associados nomes como Popper, Kuhn, Lakatos ou Toulmin, de cujas perspectivas epistemológicas se podem definir alguns pontos comuns, importantes para dar uma nova orientação filosófica ao ensino das Ciências.

Destes filósofos da Ciência, destaca-se o nome de Kuhn, cujo pensamento epistemológico está profundamente enraizado na história das ciências. Segundo Kuhn, o desenvolvimento das ciências processa-se em duas fases: em períodos de ciência normal, a que corresponde um dado paradigma, e onde os investigadores resolvem problemas ou enigmas colocados por esse paradigma; em períodos de crise, onde surgem anomalias que não são resolvidas pelo paradigma vigente. É neste contexto de crise, que surge um novo paradigma que tenta resolver as incongruências deixadas em aberto pelo anterior (revolução científica). A partir daí, instaura-se um novo período de ciência normal (Kuhn, 1970). As consequências das teses de Kuhn para o desenvolvimento do conhecimento científico, radicam na impossibilidade de adoptar critérios universalmente aceites na validação das teorias científicas. As razões para a adopção pela comunidade científica, de um dado paradigma, têm também de ser procuradas fora das condições teóricas e processos metodológicos, ou seja, o desenvolvimento científico depende de outros factores que não são exclusivamente científicos (externalismo).

Uma das implicações do modelo de Kuhn no ensino das ciências, é referida por Hodson (1988), segundo o qual, existe uma analogia entre aquele modelo e a mudança conceptual dos alunos: " Em alguns aspectos a mudança conceptual

individual pode ser comparada à mudança conceptual na comunidade científica, de modo que o modelo kuhniano de ciência normal e ciência revolucionária pode ser aplicado nos processos de aprendizagem" (in Jiménez & Gallardo, 1992).

Pese embora as diferenças entre as posições de Kuhn e as de Popper, ambos os filósofos contestam a indução, a perspectiva continuista do progresso científico e a tentativa de constituição de uma linguagem neutra da observação.

Cleminson (1990), apresenta uma síntese dos princípios orientadores da "Nova" Filosofia da Ciência, com relevância educacional:

- 1) O conhecimento científico avança por tentativa e erro e nunca deve ser igualado à verdade. O seu estatuto é temporário.
- 2) A observação, por si só, não conduz ao conhecimento científico de uma forma indutivista. Vemos o mundo através de lentes teóricas, construídas a partir dos nossos conhecimentos prévios. Não podemos estabelecer uma diferença clara entre observação e inferência;
- 3) O novo conhecimento em Ciência é produzido através de actos criativos e usando a imaginação aliada com os métodos do "inquiry" científico. Assim, a Ciência é uma actividade pessoal e muito humana;
- 4) A aquisição de novo conhecimento científico é problemática e nunca fácil. O abandono de conhecimentos adquiridos através da falsificação, ocorre, normalmente, com relutância;
- 5) Os cientistas estudam um mundo no qual eles se inserem, e não um mundo onde estão à parte.

Um aspecto importante decorrente destes princípios, é a recusa do uso da lógica formal como ferramenta para a análise da Ciência e a sua substituição pelo estudo detalhado da História da Ciência.

Com base nos contributos dos filósofos contemporâneos da Ciência, diversos autores, têm proposto vários "modelos" de Ciência, a partir dos quais podemos

definir a natureza da Ciência e do conhecimento científico. Meichtry (1993), propõe um "modelo", que já tinha sido desenvolvido por Kimball (1968), consistente com as ideias de Bronowsky (1951). Este modelo é constituído pelos seguintes argumentos:

- A curiosidade é a força motora da Ciência;
- A Ciência é uma actividade dinâmica e com progresso;
- A Ciência visa a compreensão e a simplificação;
- Há muitos métodos da Ciência;
- Os métodos da Ciência são caracterizados por atributos mais no domínio dos valores do que das técnicas;
- A característica básica da Ciência é a crença na possibilidade do Homem ordenar e compreender o universo físico;
- A Ciência tem um atributo único de abertura;
- A experiência e a incerteza marcam toda a Ciência.

Hodson (1982), tendo em conta a não existência de um método científico, válido para qualquer época histórica, e a doutrina dos "três mundos" de Popper (Popper, 1972), elaborou um outro "modelo" de Ciência, importante para caracterizar a natureza da Ciência:

- A observação é dependente da teoria e é, aliás, falível;
- As teorias são estruturas complexas produzidas pela mente humana. Uma vez produzidas, elas têm uma existência objectiva, independente de quem as criou;
- As teorias podem manter-se e serem elaboradas apesar de existirem observações que as falsifiquem;
- Uma nova teoria pode ser proposta no sentido de proporcionar a evidência para a rejeição de uma teoria já existente;
- Não há um método científico aplicável em todas as épocas da História.

- A Ciência progride segundo 3 fases: uma fase individual, uma fase colectiva (comunidade científica) e uma fase objectiva.

É interessante verificar que as teses filosóficas propostas pela American Association for the Advancement of Science (AAAS), em 1989, para o desenvolvimento curricular do ensino da Ciência, estão em diversos pontos em consonância com as declarações da Nova Filosofia da Ciência, nomeadamente no que diz respeito à durabilidade do conhecimento científico, ao racionalismo, ao uso da história e filosofia da ciência, ao antimetodismo (rejeição da ideia da existência de um só método científico), à predicabilidade das teorias, à visão externalista da ciência e à importância das questões éticas (Matthews, 1994b, faz um resumo dessas teses; ver também Rutherford & Ahlgren, 1995). Existem, no entanto, alguns pontos ainda controversos, como as teses sobre o realismo, a demarcação em ciência e a objectividade.

Em síntese, podemos concluir que, embora não exista consenso sobre diversas questões epistemológicas entre os filósofos contemporâneos da Ciência, o conjunto de princípios orientadores atrás enunciados, pode servir de base a uma nova orientação epistemológica no ensino das ciências e na formação de professores de Física e Química.

Porém, não chega defender uma nova perspectiva filosófica para o ensino da Ciência, à luz das declarações da "Nova" filosofia da Ciência. É necessário considerar um modelo de ensino-aprendizagem apropriado, que tenha em conta as teses da epistemologia contemporânea. É neste contexto de viragem de perspectivas empiristas, defendidas em modelos de ensino-aprendizagem anteriores, para perspectivas racionalistas, que surgem os modelos pedagógicos de raiz construtivista (Santos & Praia, 1992).

O construtivismo no ensino das ciências, é um movimento que defende ao mesmo tempo uma teoria da Ciência, da aprendizagem humana e da educação. Ernest (1995), utiliza a metáfora da carpintaria e da arquitectura, que descreve o conhecimento e a compreensão como a construção/reestruturação de estruturas

mentais, muitas vezes designada de mudança conceptual, o que há de comum entre as diferentes epistemologias construtivistas. Podemos indicar como teses epistemológicas centrais do construtivismo, as seguintes (in Matthews, 1994c) :

- O conhecimento é activamente construído pelo sujeito cognitivo, e não recebido passivamente do exterior.
- Conhecer é um processo de adaptação, que organiza o mundo das experiências do indivíduo; não se descobre um mundo independente, preexistente fóra da mente de quem conhece.

A perspectiva racionalista/construtivista, põe em causa a observação neutra e espontânea. Defende que, para observar, a percepção não basta, sendo indispensável a existência de um enquadramento teórico que dê significado à observação. Segundo esta perspectiva, a experimentação científica não deve funcionar no sentido de confirmar positivamente as nossas hipóteses, mas sim como tentativa de rectificação de erros contidos nessas hipóteses; a hipótese é mais que um andaime provisório, é algo que intervém activamente na preparação teórica e na interpretação da experiência (Santos & Praia, 1992). O construtivismo põe a ênfase nos aspectos inventivos, humanos, dependentes da cultura e da história, na criação dos objectos teóricos.

O construtivismo, ao defender a construção activa, por parte do aluno, do seu próprio conhecimento, advoga modelos de aprendizagem que têm em conta as suas concepções prévias (Concepções Alternativas) - modelos de captura e de mudança conceptual (Posner et al, 1982; Watts, 1992; Driver & Oldham, 1986; Santos & Praia, 1992).

O construtivismo, assume-se na actualidade, como paradigma dominante na investigação em didáctica das ciências, inspira os currículos, a elaboração de estratégias de ensino-aprendizagem e a formação de professores.

1.2 A METODOLOGIA DA CIÊNCIA E O PAPEL DO TRABALHO EXPERIMENTAL.

Para as perspectivas empiristas, todo o conhecimento científico tem por base a experiência. É a partir dela, que o cientista obtém todo um conjunto de "dados" que devidamente manipulados e interpretados, conduzem ao estabelecimento das leis científicas e, em última análise, à elaboração das teorias científicas. No extremo, a elaboração das leis científicas resultaria da aplicação do método indutivo, segundo o qual são válidos os enunciados universais estabelecidos a partir da confirmação positiva num número limitado de casos.

As leis e teorias científicas seriam, assim, segundo as perspectivas empiristas, resultantes de generalizações de enunciados observacionais desprovidos da experiência pessoal, da criação e imaginação dos observadores tomados individualmente (Chalmers, 1984).

Para as perspectivas empiristas/positivistas, as teorias científicas são validadas por testes empíricos, numa lógica verificacionista, isto é, a evidência experimental é o caminho a seguir para estabelecer a credibilidade de uma dada teoria científica. Reduz-se, assim, a experimentação científica à verificação de hipóteses e teorias, que serão abandonadas caso não estejam de acordo com as observações efectuadas.

Estas concepções sobre a natureza da construção do conhecimento científico influenciam algumas abordagens do ensino das ciências, muito concretamente quanto ao papel do trabalho experimental. Uma delas, a abordagem tradicional do ensino das ciências, centrada nos conteúdos a transmitir, radica na ideia que os conhecimentos científicos nos são exteriores e que, para os aprender, basta usar os órgãos dos sentidos, ou seja, ver e ouvir com atenção (Santos & Praia, 1992). Essa abordagem, não reconhece, no essencial, qualquer papel activo do sujeito cognoscente na construção dos seus próprios conhecimentos, nem tem em conta as suas ideias prévias.

Nesta perspectiva, o trabalho experimental assume as modalidades de demonstrações e verificações experimentais. Embora na segunda modalidade, o aluno tenha um maior envolvimento, elas são no essencial actividades fechadas, onde o professor planeia, define o princípio de análise dos resultados e a sua exploração (Cachapuz et.al., 1989a). Ambas, partem do pressuposto epistemológico de que as teorias são avaliadas e validadas pela sua consistência com os factos observados, segundo uma lógica verificacionista de raiz empirista/positivista (ver 1.1).

Outra abordagem no ensino das ciências, preconizada nas reformas curriculares dos anos 60 e 70, é o modelo de aprendizagem por "descoberta". Para esta perspectiva, o trabalho experimental visa colocar o aluno na situação de "cientista em acção" (Driver, 1983), envolvendo-o na observação dos fenómenos, recolha dos "dados" e na elaboração de inferências a partir dos resultados das experiências. Este modelo, assume a existência de um "método científico", caracterizado por etapas precisas, que Giordan (Giordan, 1978, citado por Almeida, 1995) apelida de "OHERIC" - Observação-Hipótese-Experimentação-Resultados-Interpretação e Conclusão. Esta abordagem, resulta também da influência de concepções empiristas/indutivistas sobre a construção do conhecimento científico.

Hodson (1985), afirma que "o método da descoberta, ao pretender evitar as experiências escolares tradicionais, cai na armadilha de pretender que as teorias científicas podem emergir dos dados experimentais por um processo de generalização indutiva".

Em resumo, as concepções e práticas correntes das actividades experimentais no ensino das ciências, as demonstrações, verificações e as actividades de "descoberta", reflectem, do ponto de vista epistemológico, concepções empiristas/positivistas sobre a natureza da construção do conhecimento científico.

Numa perspectiva racionalista/construtivista, os "dados" da experiência não podem ser considerados como o ponto de partida na elaboração das leis e teorias científicas. São as teorias prévias do investigador que conferem sentido à

observação e à experimentação. A experimentação em Ciência, "Deve ser guiada por uma hipótese que não se submete à confirmação positiva, mas deve funcionar, também, como tentativa de rectificação da(s) hipótese(s). Uma das suas funções é conduzir à formulação de novas hipóteses. Traduz-se por um diálogo complexo e permanente com a teoria, no que se influenciam e enriquecem mutuamente " (Praia, 1995).

À luz das epistemologias contemporâneas da Ciência, a actividade científica não caminha invariavelmente dos factos para as teorias, aplicando o chamado "método científico". Pelo contrário, segundo uma perspectiva racionalista/construtivista, admite-se a existência de pluralismo metodológico na construção do conhecimento científico e não a existência de um só método da Ciência.

Uma perspectiva construtivista da aprendizagem, não separa os conteúdos a ensinar dos processos científicos, como observar, classificar ou interpretar, pois sendo a aprendizagem um processo de construção individual e social dos alunos, os seus conhecimentos e experiências prévias estão envolvidos, à partida, na observação e interpretação dos fenómenos.

Surge, assim, a necessidade de reconceptualizar o papel do trabalho experimental, à luz das perspectivas epistemológicas contemporâneas. Os princípios consensuais, propostos por Hodson (1982), podem servir para uma visão do método da Ciência, adequada ao currículo escolar (ver 1.1).

Nesta perspectiva, Almeida (1995), realça as seguintes vertentes de reconceptualização do trabalho experimental :

- Importância da teorização prévia e exploração das ideias existentes como os percursos necessários do trabalho experimental.
- O trabalho experimental deve envolver uma componente pessoal e social, que reflecta as características ideossincráticas da actividade e onde a relação com os outros assuma particular importância.

- O trabalho experimental deve reflectir as características do trabalho científico, e sendo este uma actividade de resolução de problemas, deve-se perspectivar o trabalho experimental no contexto da resolução de problemas.

O tipo de problemas que devem servir de base ao trabalho experimental, liga-se necessariamente com outros objectivos da educação em ciência, que serão abordados nos pontos seguintes.

1.3 O MOVIMENTO DE INCLUSÃO DA HISTÓRIA E FILOSOFIA DA CIÊNCIA NOS CURRÍCULOS DE CIÊNCIAS.

Não se pode dizer, que o movimento actual a favor da utilização da história e Filosofia da Ciência no ensino das ciências, decorre directamente duma perspectiva consonante com a "Nova" Filosofia da Ciência. Nos finais do séc.XIX já alguns professores ingleses incluíam a história da Ciência nas suas aulas, e a Associação Inglesa para o avanço da Ciência defendia, em 1917, a possibilidade de demonstrar, através da história da Ciência, que ela é uma actividade humana como as outras, defendendo a utilização da sua história no ensino das ciências (Sequeira & Leite, 1988).

Segundo uma perspectiva externalista da Ciência, esta não pode ser dissociada do ambiente sócio-económico e cultural em que é produzida e, muito menos, desligada das outras áreas do saber. Neste século, produziram-se profundas mudanças na actividade científica e no estatuto do cientista, caracterizadas pela progressiva industrialização da Ciência, ou seja, a Ciência emerge actualmente como uma força produtiva (Brotons, 1983). A ideia de uma Ciência neutra, desinteressada e alheia aos problemas sociais, políticos, económicos e éticos da actualidade, só servirá para desenvolvimento de uma consciência tecnocrática junto de professores e alunos.

Segundo Habermas (1968), a ideologia tecnocrática reside, em dissociar " a autocompreensão da sociedade, do sistema de acção comunicativa e dos conceitos

da interacção simbolicamente mediada, e substituí-lo por um modelo científico " e " eliminar as diferenças entre prática e técnica". Para ele, a Ciência e a Tecnologia cumprem, hoje em dia, funções legitimadoras de domínio.

Neste contexto, o ensino da Ciência deve contribuir para dissipar possíveis intenções subjacentes a este modelo reducionista. Assim, ele não deve limitar-se à transmissão de "conhecimentos objectivos", nem tão pouco à aprendizagem de um "método científico" apresentado como fórmula mágica, ou receita magistral para incorporar a realidade no nosso entendimento (Fernandez & Escandall, 1986).

Diversas razões têm sido apontadas, segundo Matthews (1994b), em favor da utilização da história e filosofia da Ciência no ensino das ciências :

1. Promove uma melhor compreensão dos conceitos científicos e da metodologia da Ciência.
2. As abordagens históricas interligam o desenvolvimento do pensamento individual com o desenvolvimento das ideias científicas.
3. A história da Ciência é válida por si mesma, no sentido de ilustrar episódios importantes da história da Cultura, como por exemplo a Revolução Científica, o darwinismo, a descoberta da penicilina, etc., que deviam ser familiares a todos os estudantes.
4. A História da Ciência é necessária à compreensão da sua natureza.
5. A história da Ciência combate o cientismo e o dogmatismo, que é frequente nos textos científicos e nas aulas de ciências.
6. Ao se examinar a vida e o tempo em que viveram os cientistas individualmente, humaniza-se o tratamento dos assuntos científicos, tornando-os menos abstractos e mais atraentes para os estudantes.
7. Ela permite estabelecer ligações entre as várias disciplinas científicas, assim como com outras disciplinas académicas; ela permite integrar e mostrar a interdependência das realizações da humanidade.

sociedade, e ajudar na construção, por parte dos alunos, de imagens adequadas sobre a natureza da Ciência (Bybee, 1994).

É neste contexto que surge o movimento C/T/S - Ciência/Tecnologia/Sociedade.

A Organização Internacional para a Educação em Ciência e Tecnologia (IOST), indicou em 1989, as seguintes metas para o movimento C/T/S :

- Pôr a ênfase na natureza da Ciência .
- Tratar questões sociais, como por exemplo, poluição, o nuclear e controvérsias locais em que as escolas se podem envolver directamente.
- Mostrar como a Ciência influencia a vida da sociedade e é, ela própria, influenciada pelos imperativos da vida social. (in Hart & Robottom, 1990).

As complexas relações entre a Ciência e a Tecnologia, nos nossos dias, põem em causa a visão tradicional da tecnologia subalternizada em relação à Ciência, e encarada como simples aplicação, estando o seu progresso dependente dos avanços na investigação científica. A este modelo, o movimento C/T/S, contrapõe um modelo simétrico em que a tecnologia possui os seus próprios recursos culturais e interage, em pé de igualdade, com a Ciência e a Sociedade (Fleming, 1987). Esta interligação é tão forte que, é por vezes difícil determinar, quais os avanços técnicos e quais os avanços que podemos considerar científicos. Fourez(1992) fala em Tecnociência, para traduzir aquela interligação.

A imagem da Ciência, como actividade autónoma, desinteressada e alheia ao complexo jogo de interesses, que se movem nas sociedades industrializadas de hoje, radica numa concepção internalista da Ciência (ver ponto 1.1).

A nível do desenvolvimento curricular, o movimento C/T/S põe a ênfase no estudo de problemas de índole científica e tecnológica, económica, ética ou ambiental, e não no estudo, em si, dos conceitos, leis e teorias científicas. A aprendizagem dos princípios científicos é feita a partir do estudo de problemas relevantes para a vida e para o dia-a-dia dos alunos. É uma abordagem do ensino das ciências, em que o

objecto de estudo são os problemas/aplicações/implicações donde se parte para o ensino dos conceitos e leis científicas ("Applications- first approach"), (Harrison & Ramsden, 1992).

Na última década, têm sido desenvolvidos currículos segundo esta perspectiva, sendo o mais conhecido para a área da Química o Salter's Approach, implementado por um grupo da universidade de York, em Inglaterra (Campbell et.al., 1994). Segundo os seus promotores, a decisão de partir de problemas sobre aspectos da vida dos alunos, experienciados por eles ou conhecidos pelos meios de comunicação, para introduzir ideias e conceitos de Química, "...não é vista apenas como um meio de motivar mais os alunos a estudar ciências. Ela expressa o desejo de proporcionar aos alunos uma imagem da Ciência mais autêntica, o seu papel na vida das pessoas, e a encorajá-los a ligar a aprendizagem da Ciência com o resto das suas vidas" (op.cit.).

Assim, tem-se reconhecido que uma das metas mais importantes da educação em Ciência, é contribuir para a formação de cidadãos cientificamente e tecnologicamente esclarecidos, no sentido de tomarem decisões razoáveis e racionais, face a uma série de problemas, com que se irão deparar no seu dia-a-dia. A nossa sociedade, tecnologicamente avançada, exige de todos os cidadãos uma formação básica em Ciência e Tecnologia, ou seja, exige cidadãos "alfabetizados" técnica e cientificamente. "A educação científica deve ajudar os estudantes a desenvolverem os conhecimentos e hábitos mentais de que necessitam para se tornarem seres humanos compassivos, capazes de pensarem por si próprios, e para enfrentarem a vida" (Rutherford & Ahlgren, 1995).

Este conceito de "alfabetização" científica e tecnológica, que diversos autores designam de literacia científica, tem sido objecto de clarificação nos últimos anos, e existe um largo acordo em o considerar uma das principais finalidades do ensino das Ciências. A questão é sobretudo pertinente a nível do ensino básico das ciências. Em boa verdade trata-se de "encarar o ensino básico das ciências como uma formação para a literacia científica e não na lógica da formação de futuros cientistas" (Cachapuz, 1995).

Fourez (1992), considera alguém como alfabetizado científica e tecnicamente, quando os seus saberes lhe dão possibilidade de:

- negociar as suas decisões face a constrangimentos naturais ou sociais - competências para interpretar criticamente e para avaliar diferentes alternativas, quando se tomam decisões;
- encontrar maneiras de "dizer" e de argumentar - competências para comunicar efectivamente e para discutir racionalmente com os outros;
- usar competências de actuação face a situações concretas (contágio, sobrecongelação, um fax, um motor diesel...)

Jenkins (1990), resumindo a literatura sobre o conceito de literacia científica, aponta as seguintes características:

- 1) Uma apreciação da natureza, objectivos e limitações gerais da Ciência, contacto com a abordagem científica - argumentos racionais, competência em fazer generalizações, sistematizações e extrapolações: o papel da teoria e da observação.
- 2) Apreciação da natureza, objectivos e limitações da Tecnologia, e como estas diferem das da Ciência.
- 3) Conhecimento do modo como a Ciência e a Tecnologia trabalham actualmente, incluindo os fundamentos da investigação, as convenções da prática científica e a relação entre investigação e desenvolvimento.
- 4) Apreciação das interrelações C/T/S, incluindo o papel dos cientistas e técnicos, como especialistas na sociedade e a estrutura dos processos relevantes de tomada de decisões.
- 5) Conhecimentos básicos de alguns dos principais constructos da Ciência e da sua linguagem.
- 6) Conhecimentos básicos de como interpretar dados numéricos, especialmente relacionados com probabilidade e estatística.

7) Competência em assimilar e usar informação técnica e os produtos da tecnologia; consumidor esclarecido em relação aos produtos tecnologicamente avançados.

8) Algumas ideias de onde e como recolher informações e efectuar consultas sobre assuntos relacionados com a ciência e a tecnologia.

Uma das principais consequências, para o currículo de ciências, do conceito de literacia científica, é a necessidade de reestruturação e recontextualização ética e sócio-cultural, do conhecimento científico convencional, no sentido de o tornar um "conhecimento em acção" (Jenkins, 1994; Santos, 1994). Este conhecimento em acção, usualmente designado por conhecimento prático, é diferente da natureza do conhecimento científico, aproximando-se mais do conhecimento tecnológico.

O movimento C/T/S e o de literacia científica, interligam-se e completam-se, já que estão ligados por perspectivas epistemológicas comuns, em particular a visão externalista da natureza da Ciência.

1.5 A EPISTEMOLOGIA DAS CIÊNCIAS E A FORMAÇÃO DE PROFESSORES DE FÍSICA E QUÍMICA

A prática docente está sempre guiada por teorias, mais ou menos implícitas, embora isso possa ocorrer de forma inconsciente. Entre essas teorias, encontram-se as que se referem à natureza da Ciência e da construção do conhecimento científico (Porrúa & Perez-Froiz, 1994). É aquilo a que podemos chamar teorias epistemológicas implícitas ou "epistemologias pessoais" dos professores. Barnes(1994), refere-se a cinco categorias do pensamento dos professores, das quais podemos destacar as "preconcepções sobre a natureza do que é ensinado e sobre os conteúdos que ensinam e como os interpretar" e as "preconcepções sobre a aprendizagem e como ela se processa".

A preparação dos professores de Física e de Química, nos conteúdos a ensinar, não pode ser vista apenas no sentido tradicional do domínio de factos, leis e teorias científicas, a serem transmitidas aos alunos. Deve-se dar-lhe o sentido de conhecimento didáctico (Pedagogical Content Knowledge), como conhecimento-base de ensino, um corpo de entendimento, pensamento, capacidade e disposição, que distingue o ensino como profissão, ou ainda como um processo de raciocínio e acção pedagógicos, através do qual os professores actualizam a sua compreensão dos problemas (Shulman, 1992). A reflexão pedagógica dos conteúdos científicos, inclui a identificação e selecção de estratégias para apresentar as ideias principais na aula e a adaptação dessas estratégias às características dos alunos (Borko et al, 1992).

No que se refere aos professores de ciências, ter um conhecimento didáctico dos assuntos a ensinar, implica segundo Gil et al (1991) :

1. Conhecer a história das ciências, isto é, conhecer os problemas que originaram a construção dos conhecimentos científicos, como chegaram a articular-se como corpos coerentes, como evoluíram e quais foram as dificuldades.
2. Conhecer as orientações metodológicas empregues na construção dos conhecimentos, isto é, a forma como os cientistas abordam os problemas e as características mais importantes da sua actividade.
3. Conhecer as interacções C/T/S associadas à referida construção, sem ignorar o carácter social das ciências e a necessidade da tomada de decisões.
4. Ter alguns conhecimentos dos desenvolvimentos científicos recentes e as suas perspectivas, para poder transmitir uma visão dinâmica e não fechada da Ciência.
5. Saber seleccionar conteúdos adequados que proporcionem uma visão actual da Ciência e sejam acessíveis aos alunos e susceptíveis de os interessar.

Assim, a história e a filosofia da Ciência, tornam-se relevantes para a formação de professores de ciências, quer inicial quer em serviço. Diversos estudos têm apontado que, na generalidade, os professores de ciências têm concepções epistemológicas de cariz empirista/indutivista, que se reflectem na forma como encaram a relação entre a teoria e a observação, o papel das hipóteses e a natureza do método científico, e que são a origem do relevo dado aos factos como constituintes do corpo da Ciência, que é necessário transmitir (Cachapuz & Praia, 1992; Praia & Cachapuz, 1994a e 1994b; Cawthorn & Rowell, 1978; Hodson, 1985). A investigação tem apontado para resultados positivos no melhoramento das concepções dos professores sobre a natureza da Ciência, quando a sua formação inclui aspectos históricos do conhecimento científico e dão uma atenção particular à natureza da Ciência (Lederman, 1992).

O predomínio de concepções epistemológicas na tradição do empirismo/positivismo, no seio dos professores de ciências, torna pertinente a implementação de programas de formação que contraponham epistemologias alternativas, à luz da "Nova" filosofia da Ciência e do Construtivismo (Porrúa & Perez-Froiz, 1994). A história e a filosofia da Ciência, propicia aos professores, uma melhor compreensão da natureza do conhecimento científico, dos conceitos e teorias da Ciência, dos obstáculos e dificuldades dos alunos, da Ciência como empreendimento colectivo e histórico e das relações entre a técnica, a cultura e a sociedade (Furió Mas, 1994).

Trata-se de promover uma reflexão epistemológica, da estrutura, métodos, fundamentos e história da Ciência, não no sentido de uma reflexão "pura", mas nos aspectos em que a epistemologia influencia o ensino-aprendizagem. As relações da epistemologia com o ensino, a aprendizagem e a Ciência, constituem "um sistema transdisciplinar no seio do qual se pode produzir uma transferência ou circulação de significado entre as partes, de forma a melhorar a sua compreensão e a sua própria fundamentação" (Ruperéz, 1995). Esta reflexão epistemológica, deve ser feita a partir das várias áreas de intervenção pedagógica dos professores, tendo em atenção o seu conhecimento e experiência, contrapondo um modelo de reflexão

sobre e na acção, ao modelo de racionalidade técnica, no sentido de se assumirem como profissionais reflexivos (Schon, 1987; Zeichner, 1993).

Nesta perspectiva, a escolha do tema deste estudo, ligado à epistemologia da Ciência e às suas implicações na formação de professores de Física e Química, advém da convicção, que a reflexão sobre a natureza da Ciência e do conhecimento científico, é essencial para ultrapassar as concepções empiristas/positivistas que marcaram toda uma geração de professores de Física e Química, a grande maioria no activo.

No contexto da implementação dos novos currículos das disciplinas de Física e Química, julga-se de grande importância e actualidade, dotar os professores de algumas ferramentas reflexivas sobre o ensino-aprendizagem daquelas disciplinas, à luz da "nova" filosofia da Ciência e do construtivismo.

A identificação de algumas imagens da Ciência, veiculadas por manuais escolares de Química, pode ser uma ponte para levar junto dos professores, a reflexão dos problemas que hoje se põem à educação em ciência, dando maior consistência à implementação da Reforma Curricular naquela disciplina.

2 PERSPECTIVAS EPISTEMOLÓGICAS SUBJACENTES À NOVA REFORMA CURRICULAR EM FÍSICA E QUÍMICA

2.1 PRINCÍPIOS ORIENTADORES DOS NOVOS CURRÍCULOS - SUA RELAÇÃO COM A NOVA FILOSOFIA DA CIÊNCIA

Os novos programas da disciplina de Físico-Químicas (F.Q.), quer para o Ensino Básico (E.B.) 3º Ciclo, quer para o Ensino Secundário (E.S.), distanciam-se em relação aos programas anteriores, para aquelas disciplinas, em aspectos que se relacionam com a concepção sobre a natureza da Ciência e da construção do conhecimento científico.

O programa de Físico-Químicas para o **E.B. (3ºCiclo)**, afirma na sua **introdução**: "O ensino da Física e da Química, quer no E.B. quer no E.S., tem tido como meta principal a preparação para estudos superiores. Por este facto, o ensino destas duas ciências, mesmo aos níveis de iniciação, tem-se revestido de características académicas, estando subjacente à selecção de conteúdos programáticos uma matriz baseada na estrutura dos conhecimentos científicos a ensinar"(programa E.B., 3ºciclo, Ministério da Educação, 1995, p.7); mais á frente afirma-se, ainda sobre os currículos anteriores : "... este tipo de ensino tem vindo a traduzir-se numa substimação (e mesmo inexistência frequente) da vertente experimental, limitando-se não raras vezes, à exposição académica dos assuntos científicos ... tem sido patente a ausência de relação entre os conhecimentos científicos e a vida quotidiana e, até, entre aqueles e os aspectos tecnológicos que mais directamente se lhe poderiam associar" (idem, p.7).

Estas posições, parecem indiciar que, pelo menos ao nível das suas orientações, os novos programas de Físico-Químicas (E.B.), não consideram a Ciência como um corpo de factos, leis e teorias que valem por si e que é necessário transmitir aos alunos. Pelo contrário, eles realçam a importância da contextualização dos conhecimentos científicos a ensinar.

Assim, e ainda na sua **introdução**, o programa de Físico-Química (**E.B.-3ºciclo**) afirma: "Reflectindo as próprias características das sociedades actuais, as perspectivas no ensino e aprendizagem da Física e Química, decorrentes da investigação educacional no domínio da ciências físicas, têm evoluído na direcção de uma abordagem destas ciências num contexto social e tecnológico, tendo em conta a construção individual do conhecimento pelos alunos" (programa de F.Q., E.B., 1995, p.7). O mesmo programa equaciona a disciplina de Físico-Químicas como uma disciplina que "...deve utilizar elementos de natureza tecnológica, social, cultural e ética de forma a poder contribuir para o desenvolvimento de capacidades de análise crítica das situações, promovendo simultaneamente o desenvolvimento do sentido de responsabilidade no uso de recursos naturais e técnicos..." (op.cit., p.8).

Parece pois, que os novos programas de F.Q., defendem concepções sobre a natureza da Ciência consonantes com alguns aspectos da "nova" filosofia da Ciência, segundo os quais a Ciência é uma actividade colectiva socialmente análoga a outros empreendimentos humanos, enquadrada no ambiente sócio-histórico em que é feita, e a construção dos conhecimentos científicos não pode ser desligada de um todo cultural e tecnológico, com que interage permanentemente.

O **programa de F.Q. (E.B.-3ºciclo)**, aponta explicitamente para a necessidade de dotar todos os cidadãos de formação científica e tecnológica, integrando-se claramente numa perspectiva de implementação da literacia científica dos cidadãos: "...a educação em Física e Química...tem hoje de ser equacionada como uma forma de contribuir para a formação de cidadãos esclarecidos que, conscientes das potencialidades e dos limites do conhecimento científico e tecnológico, possam não só tirar partido da vasta aparelhagem sobre a qual repousa a vida quotidiana actual, como também ter uma actuação cientificamente esclarecida e racional na gestão de recursos, na preservação do ambiente e da qualidade de vida e nas decisões que envolvam aspectos científicos e tecnológicos" (op.cit., p.7).

O novo **programa de F.Q. (E.B.-3ºciclo)**, não limita os objectivos da disciplina à aquisição, por parte dos alunos, dos conceitos, leis e, teorias e modelos característicos da Física e da Química, mas privilegia também os processos que lhe são inerentes: "... a procura de relações causais, a experimentação, a descrição quantificada e explicação de resultados de observações e experiências, a dedução das consequências de uma dada teoria, a previsão de resultados com base numa hipótese, o planeamento de uma experiência para testar uma ideia, a prática de ajuizar as incertezas numa medição... ou ainda a reflexão sobre os resultados experimentais" (op.cit., p.8).

Ao nível dos processos, parece pois, que o novo **programa de F.Q.(3ºCiclo)**, deixa de pôr a ênfase, como fazia o anterior programa, no "exercício da observação" ou na aplicação do "método científico", ênfase característica de perspectivas empiristas/positivistas, e parece assumir implicitamente a existência de pluralismo metodológico na construção do conhecimento científico, quando pretendem

familiarizar os alunos com "os métodos, processos de trabalho e formas de pensar da Física e da Química " (op.cit., p.9).

Também, no **programa de Físico-Químicas para o ensino secundário**, se faz uma reflexão sobre os anteriores currículos, concluindo-se, entre outros aspectos, que estes se caracterizavam pela "inexistência de sugestões para trabalhos de pesquisa sobre a evolução de certos conhecimentos e sobre a relação entre Ciência/Tecnologia e o seu impacto no progresso da sociedade" (Programa E.S., Julho, 1993, p.6). Neste sentido, o programa do ensino secundário, reconhece como fundamental, entre outros aspectos: "Desenvolver no jovem a capacidade de compreender a tecnologia actual e a interligação das duas áreas - a científica e a tecnológica"; "Contribuir para a maturidade intelectual e humana do jovem, assim como desenvolver as aptidões e capacidades de forma a que desempenhe, no futuro, as suas funções na sociedade com responsabilidade, competência, autonomia e participe, de forma solidária, no desenvolvimento e melhoria do seu meio físico e social" e "Cuidar do enriquecimento cultural do jovem, dando a conhecer pormenores formativos relativamente à História da Física e da Química" (Programa E.S., Abril, 1995, p.5).

Embora o **programa de F.Q. do E.S.**, chame a atenção para a importância da compreensão, por parte dos alunos, das interligações Ciência/Tecnologia e das suas implicações sociais, parece privilegiar as primeiras, secundarizando o envolvimento dos alunos em actividades relacionadas com os problemas sociais, locais ou globais, que envolvem questões científico-tecnológicas. Aliás, os exemplos que dá para a consecução do objectivo "Avaliar a relação entre conhecimentos científicos e tecnológicos e suas implicações na sociedade actual", como sejam, "Aplicações dos semicondutores", "Aplicações dos raios Laser " ou " Utilização de fertilizantes e reflexos no ambiente ", parecem reflectir uma perspectiva limitada das inter-relações C/T/S (Programa de F.Q., E.S., 1995, p.8).

Os novos currículos, contemplam nas suas finalidades preocupações no sentido de transmitir aos alunos uma visão adequada sobre a natureza da Ciência, da sua metodologia, da sua história e das relações C/T/S.

No **Ensino Básico (3ºCiclo)**, podemos ler nas **finalidades**:

- "- Familiarizar os jovens com os métodos, processos de trabalho e formas de pensar da Física e da Química, bem como o tratamento adequado da informação em geral;
- Proporcionar aos jovens a aquisição de conhecimentos básicos que os tornem capazes de compreender problemas científicos e tecnológicos importantes para o indivíduo e para a sociedade em geral;
- Contribuir para a reflexão sobre a inter-relação C/T/S e para o reconhecimento da Física e da Química como ramos do conhecimento em desenvolvimento permanente e inacabado" (Programa de F.Q., E.B., 3ºCiclo, 1995, p.9).

Aponta-se claramente para o tratamento das relações C/T/S e caracterizam-se os conhecimentos da Física e da Química como provisórios e em constante desenvolvimento. Ao atribuir aos conhecimentos científicos um estatuto temporário e, ao inserir e relacionar a Ciência com o social e o tecnológico, assumem posições congruentes com a "Nova" Filosofia da Ciência.

Os **Objectivos Gerais** do programa do **Ensino Básico**, especificam aquelas finalidades do seguinte modo:

- Adquirir procedimentos e métodos inerentes à forma como a Física e a Química analisam e estudam os fenómenos e situações;
- Adquirir competências e práticas de recolha, selecção, interpretação, organização e apresentação da informação, visando simultaneamente o domínio da língua materna."
- Adquirir saberes e práticas que lhe permita lidar com situações quotidianas que envolvam conhecimentos científicos ou produtos tecnológicos;

- Conhecer e analisar criticamente implicações da Ciência e da Tecnologia na sociedade actual." (Programa, E.B., 1995, p.9-12)

Os programas para o **Ensino Secundário** não parecem contradizer a imagem da Ciência e da construção do conhecimento científico, implícitos no programa para o Ensino Básico.

Assim, podemos encontrar nas suas **finalidades**:

- Proporcionar a aquisição de conhecimentos e o desenvolvimento das competências indispensáveis a uma visão científica global e coerente do mundo físico;
- Consciencializar o aluno de que os conhecimentos inerentes à Física e à Química são indispensáveis à sua participação responsável na Sociedade, nos planos científico, tecnológico e cultural;
- Sensibilizar os alunos para a natureza dinâmica da Ciência através da reflexão sobre a História das ideias em Física e Química.

(Programa da Disciplina de F.Q., E.S., 1995, p.7)

E nos **Objectivos Gerais**, que especificam aquela finalidades:

- "Utilizar, com autonomia, procedimentos e métodos inerentes à Física e à Química;
- Evidenciar competências e práticas de pesquisa, análise, organização e apresentação de informação.
- Avaliar a relação entre os conhecimentos científicos e tecnológicos e suas implicações na sociedade actual.
- Reconhecer que a Física e a Química são criações dinâmicas do espírito humano e que as teorias Físicas resultam da cooperação e interacção entre investigadores; reconhecer ainda o impacto, no ponto de vista filosófico, político e cultural, da evolução das ideias científicas." (Programa, E.S., 1995, p.7-8)

Embora o uso da história da Ciência apenas surja explicitado no Programa do E.S., a nível do Ensino Básico, podemos detectar algumas intenções, onde se justifica perfeitamente o uso da História e da Filosofia da Ciência, como sejam: "Contribuir...para o reconhecimento da Física e da Química como ramos do conhecimento em desenvolvimento permanente e inacabado" ou "Cada uma destas unidades deve desenvolver-se...apontando à satisfação e estímulo da curiosidade do jovem, tendo em vista a formação de cidadãos cientificamente cultos" (Programa, E.B., 1995, p.9 e p.13).

Em síntese, parece poder afirmar-se que os programas de F.Q. introduzidos pela Reforma, reflectem avanços importantes ao nível das suas finalidades e objectivos, em relação aos programas de F.Q. dos anos 70.

Enquanto que os antigos programas, punham a ênfase em amplos esquemas conceptuais que interligavam os conteúdos a transmitir, não fazendo qualquer referência ao enquadramento social e tecnológico da Física e da Química, os novos programas assumem explicitamente a necessidade da contextualização sócio-cultural e tecnológica no ensino da Física e da Química. A reflexão sobre as inter-relações C/T/S e a promoção da literacia científica, são explicitamente apontadas como finalidades do ensino da Física e da Química.

Em termos epistemológicos, parece estar implícita nos programas de F.Q., uma concepção sobre a natureza da Ciência mais consonante com uma visão externalista da Ciência. No que diz respeito à metodologia científica, as finalidades dos novos programas, valorizam o pluralismo metodológico ao pretender "Familiarizar os jovens com os métodos, processos de trabalho e formas de pensar da Física e da Química ..." (Programa E.B., 1995, p.9), abandonando a ênfase na observação e no ensino do "método científico", assumida pelos antigos programas, de cariz empirista/indutivista.

Ao reconhecerem, nas suas finalidades, a Física e a Química como ramos científicos em desenvolvimento permanente e inacabado, e ao pretender sensibilizar os alunos para a natureza dinâmica da Ciência através da reflexão sobre a história

das ideias em Física e Química, os novos programas do E.B. e do E.S., demarcam-se da visão estática da Ciência implícita nos anteriores programas, onde os conceitos, princípios e modelos da Física e Química eram apresentados aos alunos como verdades imutáveis e acentuam uma visão dinâmica da construção do conhecimento .

2.2 ORIENTAÇÕES METODOLÓGICAS E ORGANIZAÇÃO DO ENSINO-APRENDIZAGEM

As Orientações Metodológicas do **Programa do Ensino Básico** chamam a atenção do professor para a importância das concepções alternativas dos alunos, na planificação do ensino-aprendizagem: "qualquer que seja a forma de abordagem escolhida, o planeamento e a organização do ensino deve ser feito tendo em conta as ideias prévias dos alunos, quer adquiridas através do ensino precedente, quer através das suas experiências pessoais " (Programa de F.Q., E.B., 1995, p.21); ou " Ao professor competirá... encaminhar (os alunos) para uma formulação científica correcta, mas não sem que aos mesmos seja permitido o confronto com as suas próprias ideias, com as dos seus colegas e até com as do professor" (Programa de F.Q., E.S., 1995, p.13).

No Ensino Básico, a divisão do programa em áreas temáticas, na Física, ou Unidades temáticas, na Química, insere-se numa estratégia de resolução de problemas, sendo "as várias unidades e subunidades...despoletadas por questões da actualidade, do quotidiano ou simplesmente intelectualmente excitantes por si mesmas, as quais estarão presentes ao longo da unidade ou a que se voltará no fim desta" (Programa de F.Q., E.B., 1995, p.17). Aponta-se explicitamente para a problematização, num contexto social e tecnológico, no tratamento dos diferentes assuntos do Programa.

Nas Orientações Metodológicas para o **Ensino Secundário**, é posta a ênfase na contextualização da abordagem dos conceitos, leis e teorias da Física e da

Química: "Toda a actividade proposta no E.S. tem em vista não só familiarizar os alunos com as pequenas investigações, como com o conhecimento e análise da forma como a Ciência consegue avançar e ainda fazer a ligação Ciência e Tecnologia e algumas vezes, Ciência/Tecnologia e Sociedade" (Programa de F.Q., E.S., 1995, p.13).

Os **Programas**, quer do **E.B.** quer do **E.S.**, dão grande importância aos "Processos de Trabalho Científico". Aponta a necessidade de solicitar os alunos do **Ensino Básico** a desenvolver actividades diversificadas, com o objectivo, entre outros de : "Usar conceitos, teorias e modelos na exploração e explicação de fenómenos e situações "; "Fazer previsões"; "Planear e realizar experiências"; "Utilizar várias fontes de consulta, além do livro de texto, tais como jornais, televisão, revistas, relatórios oficiais, biografias de cientistas, relatos sobre descobertas em Física e Química, etc." (Programa de F.Q., E.B., 1995, p.44-45). Ou no **Ensino Secundário**: "Formular hipóteses e prever as suas consequências"; "Controlar variáveis durante a realização experimental"; "Seleccionar estratégias para a resolução de problemas e resolvê-los, aplicando os conhecimentos adquiridos" ou "Utilizar obras de divulgação e livros científicos, instruções de funcionamento de aparelhos ou de outros dispositivos, documentos com biografias de cientistas, história da Ciência e da Tecnologia, etc." (Programa de F.Q., E.S., 1995, p.19).

Porém, quando analisamos a **Organização do Ensino-Aprendizagem** no E.B., e também no programa de Química do E.S., ao nível dos objectivos de conteúdo e das sugestões de actividades, estas parecem não ter em conta algumas das finalidades e alguns dos objectivos gerais, definidos anteriormente (ver 2.1). Assim, em relação à **Física do 8º e 9º ano**, as relações C/T/S e a História da Ciência estão praticamente ausentes dos conteúdos e dos objectivos específicos. Neto & Valente (1991), parecem confirmar esta conclusão, na análise que fazem ao Projecto de Programa de Física (8º e 9ºanos), quando afirmam: "Verificamos que os autores apresentam algumas situações em que de forma explícita ou implícita apontam para a utilização da História da Ciência. Essas situações são, contudo escassas, pontuais e quase sempre descritivas e factuais".

Em relação à **Química do 8º e 9º ano**, a história da Ciência está ausente em todas as Unidades temáticas. As relações C/T/S, surgem na apresentação da disciplina aos alunos, no início do 8º ano, onde se chama a atenção da importância da Química nas nossas sociedades, no final do 3º ciclo com a Unidade : "A Química e o seu impacto na Sociedade: uma primeira Retrospectiva", sendo-lhe atribuída 8% do tempo lectivo total relativo à Química do 9º ano, e no final de algumas Unidades, como por exemplo, "Caracterizar alguns fenómenos com relevância biológica, geológica, industrial e ambiental em termos de comportamento ácido-base" (final da unidade 3 - 8º ano); ou "Caracterizar alguns fenómenos de relevância industrial, biológica, ambiental e alimentar como reacções de oxidação-redução" (final das reacções de oxidação-redução, unidade 2 - 9º ano).

Parece poder concluir-se que, a perspectiva de abordar os conteúdos programáticos num contexto social e tecnológico, e de utilizar uma estratégia de resolução de problemas no tratamento das áreas temáticas ou das unidades temáticas, explicitada nas Orientações Metodológicas, é desvalorizada quando a lógica do tratamento das relações C/T/S parece ser a de apresentar algumas "aplicações" no final das Unidades e no final do Ciclo de estudos, não integrando aquelas relações ao longo de todo o Programa, isto é, como parte integrante do objecto de estudo.

Não se faz, de facto, uma abordagem C/T/S no desenvolvimento do currículo, baseando cada tópico programático em situações do dia-a-dia dos alunos, e em problemas científico-tecnológicos e sociais, a partir dos quais os conceitos e teorias científicas, surgiriam naturalmente a partir do seu estudo. Uma abordagem C/T/S do currículo, traduzir-se-ia na modificação do objecto de estudo dos alunos, dos conceitos e princípios científicos, para os problemas e situações do quotidiano, com incidência científico-tecnológica.

Assim, por exemplo, no manual "Chemistry: The Salters' Approach " (Hill et. al., 1989), os conceitos e teorias da Química surgem do estudo de tópicos como: "Os metais", "O Vestuário", "A Alimentação" ou "O Transporte de Produtos Químicos", nos quais se inclui problemas e situações com que os alunos lidam no seu dia-a-dia.

A contradição, entre finalidades/objectivos gerais e a organização do ensino-aprendizagem, analisada para o E.B., também parece estar presente no **Programa de Química do E.S.** A história da Química está praticamente ausente dos objectivos específicos e das sugestões de actividades. No que diz respeito ao tratamento das relações C/T/S, ele é feito, também, numa lógica de "aplicações"; na Química do 10ºano, apenas surge a interpretação das chuvas ácidas, depois de abordado o equilíbrio de ácido-base, ou as aplicações práticas do Princípio de Le Chetelier. Na Química do 11ºano, apenas surge no final da Unidade 3, sobre os compostos orgânicos, o objectivo geral: "Adquirir uma perspectiva global sobre as implicações dos compostos orgânicos nos domínios biológico, alimentar, industrial, da saúde e do ambiente" (Programa de F.Q., E.S., 1995, p.48).

Em relação ao **Programa de Física do E.S.**, aquela contradição não parece tão evidente. De facto, ao longo dos vários tópicos, são sugeridas diversas actividades onde se utiliza a história da Física e as relações entre a Ciência e a Tecnologia. Actividades como: "Recolher e analisar informação sobre as descobertas e trabalhos experimentais que conduziram à aceitação do Princípio da Conservação da Energia, no início do séc.XIX" (Programa de F.Q., E.S., 10ºano, 1995, p.25); ou "Discussão/Debate sobre a história da máquina a vapor: - evidenciar a sua ligação às condições sócio-económicas; - exemplificar como a Ciência pode responder às necessidades da Técnica " (idem, p.27); ou "Elaborar um artigo para o jornal da escola sobre a estruturação das ideias conducentes à Ciência moderna, focando: - a genialidade dos trabalhos de Galileu e Newton; - a contribuição portuguesa na época das descobertas " (Programa de F.Q., E.S., 11ºano, 1995, p.35), são alguns exemplos, do uso da história da Ciência e das relações C/T/S no Programa de Física para o 10º e 11º ano. Apenas podemos constatar que são pouco abordadas as relações da Ciência/Tecnologia com a Sociedade e vice-versa.

Tendo em conta as Orientações Metodológicas, quer para o E.B. quer para o E.S., onde se dá grande importância à contextualização socio-cultural e tecnológica dos conhecimentos, e onde se pretende, como questão metodológica central, desenvolver nos alunos competências de trabalho científico, a extensão dos

programas parece exagerada. De facto, ao pretender-se inserir o ensino da Física e da Química, pelo menos a nível do E.B., numa estratégia de resolução de problemas, mais demorada pois envolve pesquisa, organização de informação e debate entre os alunos, não parece razoável querer abordar ainda mais conteúdos programáticos do que os programas anteriores. No E.S., a opção explícita pelo tratamento das relações C/T/S e a inclusão da história da Ciência, no tratamento dos diversos conteúdos, não se coaduna, também, com a extensão exagerada do programa.

A esta importante limitação à consecução das finalidades e objectivos dos programas, acresce a ausência de formação dos professores de Física e Química para as novas perspectivas dos currículos de F.Q., quer a nível do E.B. quer a nível do E.S.. Como foi explicitado (ponto 1.5), o predomínio de concepções empiristas/positivistas entre os professores de ciências, pressupõe a adopção de programas de formação em serviço, incluindo concretamente a reflexão sobre questões relacionadas com a História e a Filosofia da Ciência, programas esses suficientemente amplos, para que possam traduzir-se numa mudança de atitude dos professores, na forma como implementam os novos programas, assim como nas imagens da Ciência e na natureza da construção do conhecimento científico, que transmitem aos alunos.

A reflexão, em torno da mudança de perspectivas epistemológicas patentes nos princípios orientadores dos novos currículos de FÍSICA E QUÍMICA e, concretamente, em que medida os novos Manuais Escolares as reflectem, na abordagem que fazem dos diferentes conteúdos, parece-nos ser uma boa estratégia de formação de professores, no sentido da compreensão das grandes metas que se põem, nos dias de hoje, à Educação em Ciência.

Em síntese, a análise feita sugere que as concepções sobre a natureza da Ciência congruentes com a "Nova" Filosofia da Ciência, implícitas em algumas das finalidades e objectivos gerais dos novos programas de F.Q., não se traduzem, nos objectivos específicos, nas propostas de estratégias e nas actividades para os alunos, de forma a transmitir imagens adequadas da Ciência e da construção do

conhecimento científico. Esta, é uma contradição com potenciais implicações negativas no que respeita ao ensino das ciências.

Sendo tradição os Manuais Escolares portugueses, seguirem de perto os Programas aprovados, é importante analisar se aqueles reflectem a contradição atrás referida, entre os princípios e orientações expressas nos Programas, e a sua concretização ao nível de propostas de organização do ensino-aprendizagem.

Tal análise pode ser feita quer na perspectiva da formação de professores quer na perspectiva da aprendizagem dos alunos. Como se verá, será a primeira das vertentes que se privilegiará neste estudo.

3 DA RELEVÂNCIA DOS MANUAIS ESCOLARES AO PROBLEMA EM ESTUDO

O manual escolar (ME), é mencionado nos novos Programas, como um dos materiais de ensino necessário à consecução dos objectivos propostos. Sugere-se mesmo, a organização de uma mini-biblioteca, com todos os manuais de Física e Química existentes no mercado, no sentido de "promover nos alunos o desenvolvimento de competências na área da recolha, selecção e uso da informação..." (Programa de F.Q., E.B., 1995, p.35-36).

De facto, o manual escolar, como instrumento didáctico, contempla de forma planeada e sistemática, embora com uma interpretação própria, as finalidades, os objectivos gerais, os valores e atitudes preconizados no currículo. O manual, tal como o professor na sala de aula, é um transmissor de imagens da Ciência mais ou menos explícitas.

A reforçar este papel do manual, no ensino em Portugal, está a ausência tradicional de guias específicos para orientação dos professores (surgiram recentemente algumas excepções, por exemplo ME10, ver anexo 1), o que conduz à utilização dos

manuais para os alunos, como guias da prática lectiva dos professores, principalmente no início da carreira (Valente, 1989).

A prática enraizada, no nosso país, de um ensino livresco, e não só no ensino das ciências, é também uma consequência da política do livro único, seguida durante décadas, antes de 1974.

O próprio Ministério da Educação, reconhece a relevância do manual no processo de ensino-aprendizagem : "Os instrumentos de suporte, destinados ao processo de ensino-aprendizagem, são factores importantes para o sucesso educativo. Entre esses instrumentos, o manual escolar constitui um auxiliar de relevo... Na situação actual, em que o sistema de ensino apresenta ainda graves carências no que se refere a recursos materiais, a utilização dos manuais escolares continua a impor-se como prática corrente e necessária..." (Seleção de Manuais Escolares- Critérios de selecção, Circular nº 10/95, Departamento da Educação Básica).

A influência dos Manuais Escolares nas práticas pedagógicas dos professores é muito marcante. Num estudo, quase normativo, sobre as características do ensino da Física e Química em Portugal (Cachapuz, et.al., 1989b), numa amostra de 521 professores de Física e Química, 92.5% dos professores inquiridos indicaram os manuais como uma das fontes de informação mais importante e 77% desses professores, utilizam frequentemente, ou quase sempre, o manual de F.Q. seleccionado pela escola, na preparação das suas aulas.

No entanto, a importância do Manual Escolar, no ensino das ciências, não é exclusiva do nosso país. Eltinge & Roberts (1993), defende que o ensino da Ciência, na sala de aula, é predominantemente guiado pelo conteúdo dos manuais escolares; Gallager (1991), caracteriza os manuais escolares, como tendo uma forte influência no conteúdo científico que é ensinado, especialmente em professores menos experientes, que seguem de perto o conteúdo do manual aprovado na sua escola; Soong & Yager (1993), indicam que 90% dos professores de ciências usam os seus manuais mais de 90% do tempo de ensino-aprendizagem; Stinner (1992), conclui que o ensino da Ciência, em geral, tem sido nos países anglo-saxónicos, um

ensino centrado nos manuais, e que os professores, são eles próprios, o produto de um ensino centrado nos manuais.

De facto, a educação científica do professorado, tem como característica mais estável o realizar-se inteiramente através de manuais, onde se lhes dá conta dos produtos da comunidade científica, mas raramente na sua forma original (Kuhn, 1970, 1977).

Com o processo de implementação da nova Reforma curricular, o manual escolar, assume uma relevância maior. Numa situação, em que a investigação educativa tem encontrado grandes diferenças entre os objectivos educativos desenhados pelos planificadores do currículo e os que os professores levam à prática (Furió Mas, 1994), os instrumentos didácticos assumem maior relevo.

Os aspectos inovadores dos novos programas de F.Q., constituem "um grande desafio aos autores dos futuros manuais escolares, já que na ausência de programas adequados de formação contínua de professores, estes ficam 'dependentes' da bibliografia publicada" (Magalhães, 1991).

Um manual concebido, tendo em conta uma perspectiva construtivista do ensino-aprendizagem, onde se apresentem os conteúdos científicos num contexto social e tecnológico e se use a história da Ciência, poderá contribuir para a mudança das práticas lectivas dominantes e para criar, junto dos alunos uma imagem adequada da Ciência .

Se tivermos em conta que os ME's de ciências, são o instrumento habitual e maioritariamente utilizado pelos professores, é de admitir que, a sua influência sobre as imagens da Ciência e dos cientistas, construídas pelos alunos, é relevante. A leitura de textos retirados de ME's de ciências continua a ser uma estratégia frequentemente utilizada pelos professores na sala de aula e/ou em trabalhos extra-aula. Os ME's de ciências limitam, frequentemente, o professor, ditando os objectivos educacionais, a sequência de apresentação dos conteúdos, a avaliação

dos alunos e, em muitos casos, os trabalhos de laboratório limitam-se a verificar o que é exposto no manual (Yager, 1983, cit. por Yore, 1991).

A influência dos manuais não se exerce apenas ao nível da prática pedagógica dos professores. Segundo Valente (1989), "sendo o manual, ainda hoje uma componente importante do ensino das ciências, pode supor-se que a representação da Ciência e do mundo científico dados pelos manuais, são essenciais da imagem da Ciência que o aluno obtém durante a sua educação formal e merece por isso especial atenção".

Porém, as imagens dos alunos sobre a natureza da Ciência e da construção do conhecimento científico, não radicam exclusivamente na sua educação formal. Desde muito cedo, são confrontados, principalmente através dos meios de comunicação, com imagens da Ciência e dos cientistas que, muitas vezes, estão na origem de certos mitos e visões deformadas que os alunos possuem sobre a Ciência e os cientistas. Estas imagens dos alunos, devem ser tidas em conta na construção de instrumentos didáticos, como sejam os manuais, pois existem evidências de que elas podem ser modificadas utilizando materiais de aprendizagem adequados, concretamente através do enquadramento histórico dos conceitos e leis científicas (Solomon et. al., 1994). Em todo o caso, é de admitir que os ME's de ciências têm uma forte influência sobre as imagens da Ciência e da construção do conhecimento científico, construídas pelos alunos durante a aprendizagem formal das ciências.

A reflexão crítica, em torno da forma como os manuais concretizam os princípios e os objectivos dos novos currículos, é um bom recurso para que os professores tomem consciência das teorias e crenças subjacentes à sua prática, como primeiro passo para a modificação das mesmas.

Consideram-se pois, como pressupostos deste estudo:

- os manuais escolares, na interpretação própria que fazem dos objectivos e orientações metodológicas do currículo, veiculam imagens sobre a natureza da Ciência e da construção do conhecimento científico;

- é possível identificar tais imagens, pelo menos de um modo substancial, pela análise de conteúdo dos manuais escolares;
- essas imagens, têm forte influência nas representações construídas pelos alunos sobre a natureza da Ciência e da construção do conhecimento científico.

Segundo Porrúa & Perez-Froiz (1994), é frequente encontrar nos ME's de ciências, uma imagem estereotipada do cientista, como gênio isolado que descobre teorias, omitindo-se o papel da comunidade científica na construção e validação dessas teorias. É frequente também, segundo aqueles autores, os ME's de ciências, apresentarem uma Ciência descontextualizada, separada da sociedade e da vida cotidiana, conceberem o método científico como um conjunto de regras fixas para encontrar a "verdade", começando a abordagem dos temas invariavelmente pela observação dos fenômenos. Estas ideias, sobre as imagens da Ciência e da construção do conhecimento científico veiculadas pelos ME's de ciências são corroboradas por estudos de diversos autores (ver cap.2).

Embora, como veremos no ponto a seguir, não se trate de analisar as concepções epistemológicas dos autores dos ME's de ciências, eles são na sua grande maioria, professores do E.B e do E.S.. Dada, também, a existência de estudos que apontam para concepções, sobre a natureza da Ciência e da construção do conhecimento científico, daqueles professores, de pendor empirista/indutivista (ver ponto 1.5), admite-se, neste estudo, a seguinte **hipótese de trabalho** :

- os Manuais Escolares de Química veiculam, no essencial, imagens sobre a natureza da Ciência e da construção do conhecimento científico não congruentes com os princípios da "Nova" Filosofia da Ciência, sendo fortemente marcados por perspectivas empiristas/indutivistas.

4 FINALIDADE E OBJECTIVOS DO ESTUDO

De acordo com o quadro de referências atrás descrito, a **FINALIDADE** do estudo é:

- Contribuir para a formação dos professores de Física e Química, nomeadamente ao nível da componente epistemológica, através da reflexão acerca de imagens de Ciência veiculadas por Manuais Escolares, de uso corrente.

Em consonância com esta finalidade, definiram-se três **objectivos gerais**:

i) Identificar imagens sobre a natureza da Ciência e da construção do conhecimento científico, veiculadas por Manuais de Química do Ensino Secundário, em particular no tratamento do tema Ácido-Base. Em relação aos critérios de escolha do tema Ácido-Base, ver cap. 3.

ii) Analisar a congruência de tais imagens com uma visão moderna da natureza da Ciência e da construção do conhecimento científico, de sentido racionalista/construtivista.

iii) Sugerir alternativas, na elaboração e exploração de materiais didácticos, a usar por alunos e professores, que facilitem a construção de imagens mais adequadas por parte dos alunos, sobre a natureza da Ciência e da construção do conhecimento científico.

A exploração por professores de Física e Química, daquelas alternativas, foi inicialmente considerada como um 4º objectivo deste estudo. A sua não concretização, deve-se às dificuldades inerentes ao limite legal de tempo, imposto para a apresentação da tese de dissertação deste Mestrado. Tais dificuldades foram acrescidas pela necessidade, previsível, de tal exploração ter de ser precedida por um amplo período de formação, a nível epistemológico, dos próprios professores, que implementariam as sugestões e propostas. A relevância deste assunto mereceu o tratamento mais detalhado no capítulo 5, de uma possível solução de compromisso.

da interacção simbolicamente mediada, e substituí-lo por um modelo científico " e " eliminar as diferenças entre prática e técnica". Para ele, a Ciência e a Tecnologia cumprem, hoje em dia, funções legitimadoras de domínio.

Neste contexto, o ensino da Ciência deve contribuir para dissuadir possíveis intenções subjacentes a este modelo reducionista. Assim, ele não deve limitar-se à transmissão de "conhecimentos objectivos", nem tão pouco à aprendizagem de um "método científico" apresentado como fórmula mágica, ou receita magistral para incorporar a realidade no nosso entendimento (Fernandez & Escandall, 1986).

Diversas razões têm sido apontadas, segundo Matthews (1994b), em favor da utilização da história e filosofia da Ciência no ensino das ciências :

1. Promove uma melhor compreensão dos conceitos científicos e da metodologia da Ciência.
2. As abordagens históricas interligam o desenvolvimento do pensamento individual com o desenvolvimento das ideias científicas.
3. A história da Ciência é válida por si mesma, no sentido de ilustrar episódios importantes da história da Cultura, como por exemplo a Revolução Científica, o darwinismo, a descoberta da penicilina, etc., que deviam ser familiares a todos os estudantes.
4. A História da Ciência é necessária à compreensão da sua natureza.
5. A história da Ciência combate o cientismo e o dogmatismo, que é frequente nos textos científicos e nas aulas de ciências.
6. Ao se examinar a vida e o tempo em que viveram os cientistas individualmente, humaniza-se o tratamento dos assuntos científicos, tornando-os menos abstractos e mais atraentes para os estudantes.
7. Ela permite estabelecer ligações entre as várias disciplinas científicas, assim como com outras disciplinas académicas; ela permite integrar e mostrar a interdependência das realizações da humanidade.

Porém, o uso da História e Filosofia da Ciência no ensino das ciências, não é isento de controvérsia. Têm sido apontados os seguintes problemas quanto à sua utilização (Kauffman, 1989; Sequeira & Leite, 1988) :

- A extensão dos programas torna difícil a utilização de estratégias com abordagem histórica;
- dificuldade em encontrar materiais sobre a história dos diversos tópicos programáticos;
- dificuldade em avaliar os alunos sobre aqueles materiais históricos;
- corre-se o risco do "whiggismo" (Bizzo, 1993), isto é, os acontecimentos históricos são analisados à luz dos conhecimentos científicos actuais, levando os alunos a pensar que o estabelecimento e a aceitação das leis e teorias foi óbvia e isenta de controvérsia;
- a história da Ciência pode influenciar negativamente os estudantes, ao apresentar a forma muitas vezes irracional, a falta de abertura de espírito e a competição interessada, do comportamento dos cientistas.

No entanto, alguns destes problemas, colocam-se também em relação a outros materiais e/ou estratégias, sobre os quais os professores devem estar conscientes da suas vantagens e desvantagens.

A história da Ciência, quando bem utilizada, poderá contribuir para que os alunos se apercebam, que a Ciência é um empreendimento colectivo, socialmente análogo a outras actividades humanas. Poderá combater a visão heróica/individualista, muito comum entre os alunos, segundo a qual a Ciência é obra de pessoas isoladas e sobredotadas. Através da figura deste ou daquele cientista, deve-se destacar um todo colectivo, definido não só pelas suas relações institucionais e práticas comuns, mas também pela participação de cada um, num dado corpo teórico (Bensaude-Vincent & Stengers, 1995). Poderá realçar o carácter provisório das leis e teorias científicas, assim como o papel da comunidade científica na sua validação.

A utilização da história e filosofia da Ciência no ensino das ciências, tem revestido, no essencial, duas formas: uma, é a abordagem pontual, em que um curso científico é completado com uma unidade histórica, à parte do texto principal; uma outra, em que a história da Ciência é integrada nos conteúdos de um dado curso, como por exemplo o Harvard Project Physics (Projecto Física, 1978).

O movimento de inclusão da história e filosofia da Ciência no ensino das ciências, não se tem limitado a publicitar as suas vantagens, existindo na literatura diversas propostas de estratégias concretas, que vão desde o uso de biografias de cientistas, realização de experiências clássicas, análise crítica de artigos originais sobre investigações, leitura e discussão de livros e outros textos de divulgação científica, até ao estudo de casos na história da Ciência (Klopfer, 1969; Gagliardi & Giordan, 1986; Gagliardi, 1988; Kauffman, 1989; Nielsen & Thomsen, 1990; Solomon et.al., 1992; entre outros).

Nalguns países, os responsáveis educacionais, têm dinamizado a publicação de materiais históricos para utilização de professores e alunos, de que é exemplo o Canadá (Field, 1985) e a Espanha (Marco, 1992).

1.4 O MOVIMENTO C/T/S E A LITERACIA CIENTIFICA

À luz duma nova perspectiva filosófica para o ensino das ciências, consonante com os princípios da "Nova" filosofia da Ciência, esta não pode mais ser vista como uma actividade independente e autónoma, apenas com o objectivo de alargar a compreensão humana do mundo.

A Ciência interage com as outras actividades humanas e influencia e é influenciada pelas restantes áreas do saber. Nesta perspectiva, o ensino das ciências deve traduzir as inter-relações da Ciência com a Sociedade e a Tecnologia. Uma perspectiva histórica, filosófica, social e política da Ciência e da Tecnologia, pode contribuir para a compreensão do papel da ciência e da tecnologia na nossa

CAPITULO 2 - REVISÃO DA LITERATURA

Neste capítulo, proceder-se-á a uma sistematização dos estudos existentes na literatura sobre Manuais Escolares (ME's) de ciências. Tal significa que apenas se consideram os que são para alunos, não se tendo encontrado na literatura estudos sobre manuais destinados a professores.

Esta sistematização, resultou da pesquisa bibliográfica efectuada e traduz as características mais frequentemente encontradas nas revistas especializadas em educação em ciência. Naturalmente, não exclui a existência de um ou outro estudo sobre ME's de ciências que tenha características comuns a mais que uma categoria ou, eventualmente, seja de difícil inclusão em qualquer uma delas.

No ponto 1, para cada um dos tipos de estudo referidos, será apresentado um exemplo. Dado que tais estudos não se relacionam directamente com a finalidade e objectivos do estudo desta tese, não houve sequer a pretensão de ser exaustivo. Os exemplos valem exclusivamente a título ilustrativo. No ponto 2, serão descritos e comentados estudos sobre ME's de ciências, de índole epistemológica, esses sim, no âmbito do presente trabalho de investigação.

1 TIPOS DE ESTUDOS EXISTENTES NA LITERATURA SOBRE ME'S DE CIÊNCIAS.

Existem variados estudos sobre ME's de ciências na literatura, embora não tenham como finalidade de imagens de Ciência veiculadas pelos manuais.

Das consultas feitas, nos dois últimos anos, à base de dados ERIC, utilizando conjuntamente as palavras-chave "formação de professores" (teachers'training), "Manuais escolares de ciências" (scientific textbooks) e "Natureza da Ciência" (Nature of Science), os poucos artigos detectados emitiam as opiniões dos seus autores sobre a importância do papel dos ME's de ciências, na formação de imagens adequadas sobre a natureza da Ciência, junto de professores e alunos, não sendo, na sua esmagadora maioria, estudos propriamente ditos sobre manuais.

A utilização dos ME's de ciências como corpo de análise, é feita há muitas décadas, estando os objectivos de investigação relacionados com as preocupações, em cada época, da comunidade dos educadores em Ciência. Não admira pois que os estudos relacionados com a natureza da Ciência e da construção do conhecimento científico, foram realizados fundamentalmente na última década, dada a importância atribuída pela comunidade científica às concepções de alunos e professores sobre a natureza da Ciência e da construção do conhecimento científico; os estudos baseados na psicolinguística, datam principalmente do início dos anos 80, dada a importância atribuída pelos investigadores, nessa época, ao papel da linguagem no ensino das ciências; os estudos recentes sobre a forma como os ME's de ciências são utilizados por professores e alunos, devem-se à crescente importância atribuída às variáveis relacionadas com o contexto da sala de aula, nomeadamente os materiais instrucionais, na formação das concepções dos alunos sobre a natureza da Ciência e da construção do conhecimento científico (Lederman, 1992).

Embora de um modo tentativo, poderemos sistematizar, os estudos sobre ME's de ciências, de acordo com a seguinte tipologia:

- 1) Estudos de análise semântica, em particular os baseados na psicolinguística, como sejam os estudos de legibilidade de manuais, pretendendo-se concluir sobre a adaptação da estrutura semântica dos textos e/ou o repertório linguístico ao nível etário dos alunos.

Vários estudos poderiam ser incluídos nesta categoria, apresentando-se, a seguir, a título ilustrativo o exemplo de Knutton (1983).

Neste estudo, analisa-se a legibilidade de 27 manuais ingleses de Química, destinados a alunos de idades entre os 11 e 16 anos. Utilizaram-se três métodos diferentes de medição da legibilidade dos manuais, seleccionando passagens de 100 palavras, para cada 10% do conjunto de páginas dos manuais. Utilizaram-se duas fórmulas de cálculo da legibilidade (em anos de idade) e um método gráfico. Concluiu-se que, na sua maioria, eles excediam o nível etário dos alunos a que se destinavam, questionando-se, assim, a adequação dos textos à compreensão dos alunos.

As limitações deste tipo de estudos, radica fundamentalmente em duas questões: por um lado os ME's de ciências incluem diversos gráficos, diagramas, cálculos e simbologia, que não é tido em conta pelas fórmulas que medem a legibilidade dos textos; por outro lado, e ainda que restritos à linguagem verbal, a validade educacional de tais índices tem sido questionada, já que não apresentam alternativas, razão por que tal tipo de estudos caiu em desuso.

2) Estudos de ordem educacional, relacionados com a forma como os manuais são utilizados por professores e/ou alunos, em que a análise é feita segundo um eixo pedagógico e/ou comunicacional. São exemplos destes estudos, os que incluem a análise do papel da leitura de textos científicos na aprendizagem de conceitos, leis e teorias.

Poderíamos apontar, como exemplos destes estudos, Otero & Campanario (1990), Paixão (1994), Yore (1991) ou Digisi & Willett (1995), sendo este último resumido a seguir, a título ilustrativo.

Digisi & Willett (1995), examinam a forma como professores de Biologia usam a leitura de textos e os manuais, no processo de ensino-aprendizagem. Estes autores, embora constatem que os ME's de ciências orientam, muitas vezes, o currículo, em

vez do contrário, e que o seu uso pode promover a memorização de factos e detalhes em vez de desenvolver uma atitude científica autêntica nos alunos, consideram que os manuais podem ser um possível meio de melhoria e inovação educacional, quando actividades baseadas na leitura são utilizadas de forma equilibrada, conjuntamente com outras estratégias.

O questionário que enviaram a 219 professores de Biologia, de vários níveis de ensino, e as entrevistas realizadas com 16 daqueles professores, permitiram-lhes constatar que :

- os professores estão convictos que a leitura é um importante meio de aprender Ciência, conjuntamente com outras actividades laboratoriais, mas não têm a certeza de como incorporar a leitura no seu ensino;
- os professores organizam para os alunos materiais retirados dos ME's, mas, fundamentalmente, com o objectivo de complementar os conteúdos tratados na sala de aula, mais do que como uma forma dos alunos construírem conhecimentos novos a partir dos ME's, isto é, utilizando-os como primeira fonte de informação e/ou realizando uma aprendizagem autónoma através das actividades neles propostas.
- a quantidade de actividades de leitura proporcionada pelos professores varia com o grau de ensino em que se situam. Os professores incentivam mais os seus alunos à aprendizagem autónoma, a partir dos ME's, em níveis de ensino mais avançados. No entanto, não ensinam aos seus alunos estratégias metacognitivas de compreensão de textos científicos.

Os autores, apontam para a necessidade de formação dos professores na integração de estratégias de leitura activa, na implementação dos currículos de ciências.

A leitura de textos originais de cientistas, suas biografias, de textos que relatam casos na história da Ciência, são uma das estratégias apontadas na literatura, para

a utilização da História da Ciência no ensino das ciências e para a integração das teorias científicas no ambiente sócio-cultural, político e económico, em que foram elaboradas. O uso de estratégias de leitura de textos científicos, retirados ou não de ME's, pode permitir o debate, na sala de aula, sobre questões éticas, sobre as implicações sociais da Ciência/Tecnologia e sobre outras inter-relações C/T/S, ajudando à construção pelos alunos de imagens adequadas sobre a natureza da Ciência e da construção do conhecimento científico.

3) Estudos cujo objectivo é, normalmente, a construção de grelhas de selecção de ME's, a serem adoptados pelos professores e/ou no sentido de fazer recomendações às autoridades educacionais. Algumas dessas grelhas, incluem itens relativos às imagens de Ciência veiculadas por manuais de ciências.

São exemplos destes estudos, Leonard & Penick (1993) ou Cachapuz, et. al. (1987), que se resumirá a seguir.

O instrumento para análise de ME's de FÍSICA E QUÍMICA, elaborado pelo grupo INEA da Universidade de Aveiro, tinha por objectivo a construção de um instrumento de análise de ME's, com possibilidade de ser utilizado por professores, no sentido de tomarem decisões sobre o manual a adoptar. A grelha está construída segundo três grandes categorias de análise : conteúdo, estrutura e características materiais.

A construção do instrumento de análise baseou-se num modelo de ensino-aprendizagem de raiz construtivista, em que " o aluno é considerado como indivíduo activo e determinado, que está continuamente a construir e a reconstruir os seus conceitos pessoais, por ele usados na aprendizagem da Ciência" (op.cit., p.4).

Este estudo destaca, quanto à perspectiva adoptada sobre a natureza da Ciência e da construção do conhecimento científico o seguinte:

- O carácter provisório do conhecimento e a necessidade de reconstrução do mesmo à luz de novos dados, quer experimentais quer teóricos.

- A observação é dependente do quadro de referência conceptual do observador.
- A importância da abordagem histórica no desenvolvimento das ideias científicas, realçando o seu carácter problemático.
- A inter-ligação Ciência/Sociedade.

A grelha, com 48 itens, possui itens relativos à natureza da Ciência e da construção do conhecimento científico, como por exemplo: "As experiências referidas no manual são precedidas de justificação do porquê da sua realização"; à contextualização dos conhecimentos científicos e à abordagem histórica dos conceitos, como por exemplo: "O ME aborda o impacto social (vantagens e desvantagens nos aspectos éticos e económicos) da aplicação das descobertas científicas" (op.cit.p.16).

A maioria das grelhas para análise de ME's de ciências contemplam, fundamentalmente, aspectos de índole pedagógico-didáctica, comunicacionais ou relativos às características materiais dos ME's. É importante, e em consonância com o movimento contemporâneo de reformas nos currículos de ciências, incluir também, nos critérios de selecção de ME's de ciências, itens relativos à natureza da Ciência e da construção do conhecimento científico, à forma como os ME's abordam as inter-relações C/T/S e ao uso que fazem da História da Ciência.

4) Estudos de índole sociológica nomeadamente os que envolvem a análise de representações da sociedade, implícitas nos ME's, valores éticos e posição face a importantes problemas sociais relacionados com o desenvolvimento científico-tecnológico.

É exemplo deste tipo de estudos, a análise do conteúdo científico de ME's em termos do papel funcional na socialização para carreiras científicas e a influência social no acesso ao conhecimento científico, como o estudo de Mulkey (1987).

Este autor, investigou possíveis diferenças no conteúdo de ME's de ciências, que podem influenciar a maturação dos alunos nas características necessárias ao trabalho científico. O autor questiona-se, se a finalidade do ensino das ciências em promover a literacia científica, que se tem traduzido na produção de ME's de ciências com informação mais geral e menos sofisticada do ponto de vista científico, tem dificultado a aquisição de competências de certos grupos de alunos, necessárias ao acesso a carreiras científicas.

Foram analisados 187 ME's de ciências, usados permanentemente ou ocasionalmente, em escolas de distritos representativos da classe média e da classe trabalhadora, dos primeiros e dos últimos anos de ensino, partindo-se da hipótese de trabalho de que o conteúdo dos ME's, adoptados em distritos das classes médias e dos últimos anos, facilitava a aquisição de características atitudinais e cognitivas próprias dos cientistas. O mesmo já não se passaria em relação aos ME's adoptados nos distritos da classe trabalhadora e dos primeiros anos.

Embora nos distritos da classe média houvesse um maior acesso a textos científicos, o autor não encontrou diferenças significativas no conteúdo científico dos ME's para a classe média quando comparados com os ME's para as classes trabalhadoras. O autor confirmou que os ME's de ciências para os primeiros anos, promoviam uma menor preparação dos alunos para a sua participação em questões científicas, que os ME's destinados aos últimos anos, não se encontrando diferença quanto à classe social. Os ME's adoptados em distritos da classe média, promoviam maior flexibilidade cognitiva que os adoptados em distritos representativos da classe trabalhadora.

Dentro desta linha de estudos de índole sociológica, tem-se chamado a atenção para imagens de Ciência veiculadas por textos científicos, em que o trabalho científico aparece como obra de minorias particularmente dotadas, e/ou como uma actividade eminentemente masculina e praticada por indivíduos da raça branca - visão elitista, sexista e racista da actividade científica (Carrascosa et.al., 1993).

De fora ficam para já estudos de índole epistemológica, onde se analisa a forma como é apresentada, nos ME's de ciências, a natureza da Ciência, o processo de construção do conhecimento científico e o papel da comunidade científica e dos cientistas.

É neste tipo de investigação sobre ME's de ciências, que se enquadra o estudo apresentado nesta dissertação. Alguns estudos, neste âmbito, serão descritos e comentados no ponto que se segue.

2 ESTUDOS SOBRE AS IMAGENS DE CIÊNCIA VEICULADAS POR MANUAIS ESCOLARES DE CIÊNCIAS.

Eltिंगe & Roberts (1993), constataм que a Ciência não deve ser apresentada aos alunos como um corpo estático de factos, mas sim, como um processo dinâmico de tentativa-erro de compreender o mundo. Partem do pressuposto, que uma das influências sobre a forma como é ensinada a Ciência na sala de aula, relaciona-se com as imagens sobre a natureza da Ciência veiculadas por ME's de ciências. O objectivo desse estudo, é proporcionar uma definição mensurável do conceito "Ciência como processo (inquiry)", aplicável à análise de ME's de ciências. A técnica utilizada na análise dos manuais foi a análise linguística de conteúdo, em que frases retiradas de um dado manual são classificadas de acordo com 23 indicadores, utilizados por Tamir (1985) para codificar frases de blocos escolhidos dos manuais. Fizeram um estudo longitudinal do mesmo manual de Biologia, que

possui 8 edições, de 1956 a 1985, com o objectivo de comparar a forma como aquelas edições abordam, ao longo dos anos, a Ciência como processo. Das edições, foram escolhidas quatro para análise (1956, 1965, 1977 e 1985). Os blocos dos ME's seleccionados foram o capítulo de introdução e os capítulos sobre genética e estrutura e função da folha.

Os autores mediram a fidelidade da codificação, segundo duas dimensões: a auto-fidelidade, em que um mesmo capítulo dos manuais foi codificado duas vezes pelo mesmo analista, em alturas diferentes ; a fidelidade cruzada, em que dois investigadores codificaram o mesmo grupo de frases retiradas dos manuais. Baseados na hipótese que o uso de termos técnicos e a apresentação da Ciência como processo, estão inversamente relacionados nos manuais de ciências, encontraram evidência estatisticamente significativa para um aspecto da validade da medida da "Ciência como processo".

Estes autores concluíram que :

- a abordagem da Ciência como processo é feita com maior frequência nos capítulos introdutórios que nos restantes;
- a apresentação da Ciência como processo surge com maior incidência em áreas onde a actividade de investigação em curso é maior (caso da genética, neste estudo), do que na abordagem de temas de natureza mais descritiva (caso da estrutura e função da folha).
- os processos da Ciência tem a maior incidência na edição de 1965, e a menor na edição de 1985 (inclusive menos que a de 1956).

Os autores atribuem esta diminuição, dos anos 60 para os anos 80, à diferença de objectivos curriculares no ensino das ciências, entre aquelas décadas. As reformas curriculares dos anos 60 punham a ênfase nos processos da Ciência, enquanto que a partir dos anos 80 se dá grande importância à contextualização social e tecnológica da Ciência. A maior ênfase posta, pelos autores dos ME's, no capítulo

introdutório, ilustra, segundo aqueles investigadores, a tendência habitual, de se apresentar na introdução uma imagem da construção do conhecimento científico, que não é concretizada nos capítulos seguintes, onde se mostra a Ciência como um corpo de conhecimentos imutáveis.

Embora estes autores chamem a atenção para o uso do manual, que é feito pelos professores na sala de aula, como uma importante variável a ter em conta na influência dos ME's nas imagens de Ciência construídas pelos alunos, parece-nos que, contrapor a apresentação da Ciência como um corpo estruturado de conhecimentos, à sua apresentação como processo, é limitado do ponto de vista epistemológico. Na verdade, no capítulo 1, analisámos que, as concepções subjacentes às reformas curriculares dos anos 60 e 70, que punham a ênfase nos processos da Ciência e promoviam a utilização dos métodos de "descoberta", eram de teor empirista/indutivista que, em nosso entender, não preconizam junto dos alunos imagens adequadas da natureza da Ciência e da construção do conhecimento científico.

Num estudo sobre as concepções de professores no activo e alunos-professores, sobre a metodologia científica e sua relação com a forma como os manuais apresentam os trabalhos experimentais de Física, Gil & Paya (1982), partem das seguintes hipóteses de trabalho:

- os professores de Física têm uma visão incorrecta da metodologia científica, caracterizada por um empirismo extremo, esquecendo tudo o que supõe pensamento divergente e reduzindo a ideia de método científico à observação e manipulação experimental, esquecendo aspectos fundamentais como a elaboração de hipóteses e o planeamento de experiências para as testar;
- o grau de familiarização dos alunos alunos-professores com a metodologia científica é muito escasso e as suas concepções são esquemáticas e pobres.

Analisaram 53 manuais de Física utilizados pelos professores no activo e pelos alunos-professores, considerando em que medida incluíam, na apresentação dos trabalhos experimentais: formulação do problema, pesquisa bibliográfica, elaboração de hipóteses, proposta de planeamento, realização da experiência e análise e interpretação de resultados. Enviaram um questionário aos professores no activo sobre a forma como apresentavam aos seus alunos os trabalhos experimentais, e outro aos alunos-professores no sentido de identificarem aspectos da metodologia científica num texto científico.

Dos aspectos da metodologia científica, ao apresentar um trabalho experimental, assinalados pelos professores no activo, e da análise dos manuais de Física, aqueles autores constataram uma ausência quase total de propostas para a elaboração de hipóteses, ou mesmo referências às mesmas, e de planeamento das experiências. Constataram também que, quer os professores no activo quer os manuais analisados, apresentam aos alunos os trabalhos experimentais como uma receita a seguir em que, inclusivé, a análise dos resultados está feita à partida ou é ignorada. Da análise do questionário, enviado aos alunos-professores, constataram que quase metade não identificou qualquer aspecto metodológico, na análise de um texto de Pascal, e que 85% apenas indicou um ou dois aspectos metodológicos, num total de sete.

Os autores deste estudo, concluem que, pese embora todas as referências e reivindicações do "método científico", presentes nos manuais de Física e nas propostas dos professores no activo, os trabalhos experimentais apresentam uma visão extremamente pobre da metodologia científica, apenas se faz referências às hipóteses e ao planeamento das experiências, ficando tudo reduzido a seguir indicações precisas, que convertem o trabalho experimental numa simples receita. Esta perspectiva do trabalho experimental, tem uma influência negativa nas concepções dos alunos-professores sobre a metodologia científica, segundo os referidos autores.

No seguimento deste estudo, aqueles autores elaboraram uma estratégia de apresentação do trabalho experimental, que apelidam de "descoberta dirigida", baseada nos seguintes pressupostos epistemológicos:

- rejeitam o empirismo/indutivismo que concebe os conhecimentos científicos como resultado da indução a partir de "dados puros", defendendo que toda a investigação está marcada por paradigmas teóricos que a orientam;
- consideram que a obtenção de evidência experimental, só faz sentido em relação às hipóteses elaboradas e aos desenhos experimentais concebidos para tal efeito.

Aplicaram esta estratégia a um grupo experimental de 40 alunos-professores da Escola do Magistério e utilizaram um grupo de controle de 128 professores em formação, que receberam uma orientação de transmissão verbal de conhecimentos. A comparação entre os dois grupos foi feita através da administração do mesmo questionário sobre o texto de Pascal, utilizado no primeiro estudo, e constataram uma diferença significativa entre os dois grupos na identificação dos aspectos metodológicos presentes no referido texto.

Este estudo, evidencia a relevância da forma como os ME's de ciências apresentam os trabalhos experimentais, na formação de imagens sobre a natureza da construção do conhecimento científico. Por outro lado, aponta para a importância da epistemologia na formação de professores, quer no activo quer em formação inicial, muito concretamente a reflexão em torno de perspectivas racionalistas/construtivistas no que diz respeito ao papel do trabalho experimental.

Garrison & Bentley (1990), num artigo sobre o método científico, referem uma análise de 6 manuais de ciências, de uso corrente, onde puderam constatar, que os manuais evidenciam o uso do raciocínio segundo a lógica da confirmação, ou seja, a afirmação do conseqüente implicando a veracidade das premissas (lógica verificacionista, ver cap. 1).

Esta lógica de confirmação é óbvia, também, nas actividades que aqueles manuais propõem aos alunos. Todos os manuais examinados por aqueles autores, apresentam as actividades para os alunos colocando em primeiro lugar uma pergunta, seguindo-se a explicitação do objectivo do trabalho experimental, ao qual se segue uma lista de materiais e procedimentos, terminando-se com perguntas aos alunos, que os orientam para as conclusões pretendidas. Este procedimento apelidado de "método do livro de culinária", é repetido ao longo dos ME's, dando-se a entender aos alunos que as respostas certas são alcançadas por indução.

Segundo aqueles autores, a orientação positivista dos manuais de ciências é normalmente mais explícita na introdução ou no 1º capítulo, onde a natureza da Ciência é desenvolvida e o "método científico" apresentado como um conjunto de passos que começam com a observação dos fenómenos.

Aqueles autores, citam um estudo de 9 ME's de ciências, a nível elementar (Elliott & Nagel, 1987), cujas conclusões corroboram este estilo de "livro de culinária" na apresentação das actividades para os alunos, em que os resultados são pré-determinados.

Apontam para a necessidade das actividades implementadas pelos professores e pelos manuais, reflectirem uma concepção sobre a natureza da Ciência consonante com perspectivas epistemológicas contemporâneas, e não segundo uma lógica verificacionista de raiz indutivista. Apontam também para a importância da História e Filosofia da Ciência na formação inicial e em serviço dos professores de ciências.

Solbes & Vilches (1989), analisaram 47 manuais de Ciências da Natureza (7º e 8º EGB) e de Físico-Químicas (7º e 8º BUP e COU), com o objectivo de identificar imagens de Ciência por eles veiculadas, a respeito das interacções C/T/S. A sua hipótese de trabalho era, que os referidos manuais "ofereciam uma imagem predominantemente quantitativa, ignorando aspectos qualitativos como as

complexas relações entre a Ciência, a Técnica e o meio social e natural em que se inserem" (op.cit.). Esta hipótese foi operacionalizada da seguinte maneira:

- Os ME's não têm em conta as preconcepções dos alunos sobre a Ciência e os cientistas, como por exemplo, o mito da objectividade científica e a visão esteriotipada dos cientistas, nem tratam de modificá-la.
- Os ME's não apresentam as profundas relações da Ciência com a técnica e o ambiente social, realçando o carácter de força produtiva/destrutiva que possui a Ciência.
- Os ME's não abordam o papel da Ciência/Tecnologia na modificação do meio e os problemas sociais a ele associados.
- Os ME's não mostram o papel desempenhado pela Ciência, ao longo da sua história, na cultura da humanidade, nem o carácter colectivo do trabalho científico, nem a influência da evolução das ideias filosóficas, artísticas e religiosas, assim como as influências ideológicas no desenvolvimento da Ciência.
- Os ME's não contribuem para a formação dos alunos como futuros cidadãos, preparando-os para a tomada de decisões sobre problemas resultantes da interacção Ciência/Sociedade.

Foi elaborada uma grelha para análise dos manuais, cujos itens se relacionavam com as hipóteses atrás apresentadas, e que foi aplicada por dois investigadores, de forma independente, no sentido de comprovar a fidelidade dos resultados. A metodologia utilizada consistiu em detectar a presença/ausência, nos manuais, dos aspectos contidos na grelha, contabilizando o número de capítulos onde esses aspectos são abordados, em relação ao número total de capítulos de um dado manual.

Este procedimento de simples constatação da presença ou não de aspectos relacionados com o tratamento das inter-relações C/T/S, parece-nos ter algumas

limitações, ao não destacar, detalhadamente, as concepções epistemológicas realmente veiculadas pelos manuais.

Os resultados da análise corroboraram as hipóteses de trabalho, segundo as quais "os manuais têm uma orientação puramente empirista, acumulativa e operativa, não tendo em conta aspectos qualitativos de tipo histórico, tecnológico, sociológico e humanístico" (op.cit.).

Num estudo posterior (Solbes & Vilches, 1992), estes autores, baseando-se nos resultados do estudo anterior, partiram do pressuposto que os ME's de ciências, sendo um instrumento habitual e maioritariamente utilizado pelos professores, teriam uma influência negativa nas imagens dos alunos sobre a Ciência e os cientistas, contribuindo assim para a atitude de recusa perante a Ciência e a sua aprendizagem, por parte dos alunos.

Elaboraram um questionário, que foi aplicado a 212 estudantes, dos 15 aos 17 anos, no sentido de identificar a sua visão sobre a Ciência e os cientistas, e o conhecimento/desconhecimento das inter-relações C/T/S.

Concluíram que os alunos têm, na sua esmagadora maioria, "uma imagem da Ciência alheada dos problemas reais do mundo, desconhecem as aplicações técnicas das ciências Físico-Químicas, as suas implicações culturais, históricas, económicas, sociais, etc., e a sua relação com o meio; para alguns alunos a Física e a Química são culpadas pela deterioração do planeta e pelos grandes problemas da humanidade, mostrando assim uma visão deformada da Ciência e de recusa face a ela e à sua aprendizagem" (op.cit.).

Estas concepções dos alunos sobre a natureza da Ciência e da construção do conhecimento científico, não podem no entanto ser atribuídas, de forma directa, às imagens veiculadas pelos ME's de ciências. A literatura (ver cap.1) tem apontado, que as variáveis com maior influência nas imagens de Ciência construídas pelos

alunos, relacionam-se com o contexto da sala de aula, ou seja, com as actividades e decisões tomadas pelos professores.

Chiang-Soong & Yager (1993), realçam a supremacia dos ME's no ensino das ciências, junto de professores e alunos. Segundo estes autores, os alunos veem nos manuais uma fonte exclusiva de informação científica e o instrumento didáctico principal a partir do qual a ciência é experienciada.

O objectivo deste estudo era analisar a quantidade de material C/T/S incluído em ME's de ciências usados nos Estados Unidos. Pretendia-se dar resposta às seguintes questões:

- Qual o espaço do texto total do manual que é dedicado a tópicos C/T/S ?
- Quais as diferenças entre os manuais, no que diz respeito à inclusão de material C/T/S, de uma disciplina para outra ?
- Como varia o tratamento C/T/S, em relação ao nível etário a que se destinam os manuais ?

Foram examinados 11 manuais de Biologia, FÍSICA E QUÍMICA, quatro para alunos de 11-13 anos de idade e sete para 14-16 anos, mais frequentemente usados nas escolas secundárias.

Os critérios utilizados para a identificação de tópicos C/T/S, basearam-se numa lista de classificação de tópicos C/T/S, de Piel (1981). A fidelidade intra-codificadores foi verificada tendo-se escolhido aleatoriamente um manual, codificando duas vezes 50 páginas de uma amostra, num intervalo de três semanas. A fidelidade inter-codificadores, foi calculada a partir da codificação de dois investigadores, feita de forma independente.

Os autores chegaram aos seguintes resultados:

- O material C/T/S incluído pelos manuais de ciências para o nível etário 11-13 anos, é dedicado quase exclusivamente à qualidade ambiental e aos recursos naturais. Todos estes manuais (assim como para o nível 14-16 anos) abordam o tema energia (recursos, problemas, gasto, conservação, uso e qualidade de vida).
- Os manuais de Biologia (14-16 anos), abordam mais frequentemente temas como a qualidade ambiental e recursos naturais. Os de Química, praticamente nunca abordam temas como a engenharia humana, investigação espacial, defesa nacional e sociologia da Ciência. Nos manuais de Física, o tópico "Efeitos do desenvolvimento tecnológico" é o mais abordado.
- Quanto maior é o nível etário a que se destinam os manuais, menor é a percentagem de inclusão de tópicos C/T/S.

Uma das limitações deste estudo, aliás análoga à do estudo anterior, e reconhecida pelos seus autores, consiste na sua restrição à quantidade de material C/T/S incluído nos ME's, não se analisando a qualidade desse material.

Numa perspectiva de formação de professores de ciências, que é a da presente tese de dissertação, interessará mais analisar as imagens de Ciência veiculadas pelos materiais C/T/S incluído nos ME's, que a sua quantidade.

Gallagher (1991), com o objectivo de estudar as imagens de Ciência retratadas aos alunos das escolas secundárias americanas, analisa dois manuais, amplamente utilizados pelos professores, um de Biologia e outro de Física.

O manual de Biologia cobre, segundo aquele autor, uma exagerada quantidade de tópicos programáticos e conceitos científicos. O manual contém um glossário com 1500 termos, que representam a maioria da terminologia científica contida no texto

do manual. A maior parte destes termos, são relativos a conceitos científicos complexos, não familiares aos alunos. O autor exemplifica com um capítulo do livro, de 4 páginas de extensão, onde surgem 24 termos relativos a conceitos apresentados pela primeira vez aos alunos. Neste capítulo, o manual põe a ênfase no que sabemos actualmente sobre a estrutura da célula, não fornecendo qualquer informação sobre os processos que conduziram à construção desses conhecimentos.

No manual de Física, a história acerca da teoria heliocêntrica de Copérnico, o trabalho de Galileu e a refutação dos conceitos aristotélicos, é apresentada apenas nos dois primeiros capítulos, seguindo-se em todos os outros, a apresentação típica da Ciência como corpo de conhecimentos definitivos, dando-se pouca atenção ao processo pelo qual os conhecimentos foram formulados.

Gallagher, conclui que os ME's de ciências, do secundário, dedicam praticamente todo o texto e ilustrações à apresentação dos conceitos e princípios da Ciência, dando pouca atenção à natureza da Ciência, ou à maneira segundo a qual os conhecimentos científicos são formulados e validados; a maioria dos ME's de ciências, começam com um capítulo ou dois onde retratam a Ciência como um processo de adquirir conhecimento acerca do mundo natural, defendendo, normalmente, posições empiristas e positivistas. No entanto, depois desta descrição inicial, apresentam a Ciência de forma expositiva, como um corpo de conhecimentos a transmitir aos alunos, dedicando pouco espaço à história do desenvolvimento das ideias científicas, às controvérsias intelectuais que caracterizam a história da Ciência, ou à utilidade da Ciência no dia-a-dia dos alunos.

Valente et. al. (1989), analisa segundo o eixo científico, 4 manuais de Meio Físico e Social (1ºCiclo do Ensino Básico) e 2 manuais de Ciências da Natureza (2ºCiclo do E.B.), utilizando três dimensões de análise: qualidade da informação científica, os processos científicos e a forma de apresentação da interacção Ciência/Sociedade. Os autores consideram que a imagem da Ciência e do cientista, que o aluno

desenvolve a partir da leitura/realização das actividades de um determinado manual, dependerá em larga medida do conjunto de mensagens científicas que lhe são oferecidas, da sua experiência pessoal prévia, da própria imagem de Ciência do professor e, também, das imagens de Ciência projectadas pela literatura e pelos "mass media" em geral.

Em relação à "qualidade da informação", aqueles autores, para além de detectarem erros científicos e ambiguidades, que atribuem à falta de cuidado e de preparação científica dos autores dos manuais, verificou que, na generalidade, os manuais de Meio Físico e Social não distinguem factos de conceitos, sendo estes simplesmente apresentados como factos, confundem a realidade com a sua descrição preconizada por modelos científicos, o que contribui para um certo dogmatismo patente naqueles manuais. Os manuais de Meio Físico e Social, "apresentam os conhecimentos como verdades imutáveis e independentes da construção mental humana. O trabalho científico, quase sempre anónimo, é por vezes realizado pelo homem anónimo, sem crença ou ideologia" (op.cit., p.218).

Nos manuais de Ciências da Natureza, os autores concluem da sua análise que: " a Ciência e o mundo científico é, em larga medida, produto do conteúdo das unidades iniciais, que descrevem o método científico. A Ciência é apresentada como rigorosa e racional, baseada em factos observáveis, organizados de forma sistemática e neutra. Não é dada ênfase aos aspectos afectivos, profissionais ou económicos ligados às ciências" (op.cit., p.218). A seguir os autores concluem que: "O método científico é tratado segundo a ideia que a Ciência se baseia unicamente na observação, e por indução o investigador chega a formular hipóteses que sujeita à experimentação" (op.cit., p.218); e ainda que: "Os manuais tendem a identificar a 'boa' observação, a observação 'atenta', como a observação 'completa', levando os alunos a acreditar que há apenas uma forma de observar o mundo e se alguém observar atenta e completamente, verá a realidade (única!)" (op.cit., p.219).

Parece pois, poder concluir-se deste estudo, que os manuais analisados veiculam, no essencial, e no que diz respeito à construção do conhecimento científico, imagens de teor empirista/indutivista, não concordantes com posições epistemológicas contemporâneas.

No que diz respeito às imagens do cientista, veiculadas pelos manuais analisados por aqueles autores, eles inserem pequenas biografias de cientistas famosos, excluindo, no entanto, as convicções filosóficas ou religiosas das épocas históricas, que condicionaram as realizações desses cientistas. Segundo aqueles autores, "A história da Ciência aparece ligada a 'génios' e constituída por factos que se adicionaram para chegar ao conhecimento actual" (op.cit., p.219). Ou seja, uma visão heróica da Ciência.

Parece pois, que a imagem dos cientistas, veiculadas pelos manuais analisados, é uma imagem elitista onde está ausente o papel da comunidade científica na construção e validação das teorias construídas pelos cientistas.

Em relação aos "Processos científicos", os autores constataam que, quase nunca, se solicita os alunos a formular problemas ou a planear experiências.

Na análise das interacções Ciência/Sociedade, os autores utilizam as seguintes categorias de análise: aplicação de conhecimentos(em benefício próprio ou da comunidade), categoria sócio-económica, responsabilidade política e responsabilidade científica. Os autores, constataam que as mensagens mais frequentes, e presentes em todos os manuais, denunciam a poluição; nenhum manual convida os alunos a aplicar o conhecimento adquirido em benefício próprio; são mais escassas as mensagens relacionadas com as interacções Ciência/Sociedade nos manuais de Meio Físico e Social; na generalidade, a poluição e o impacto ambiental da tecnologia, são apresentados como inevitáveis, em nome do progresso humano, de forma mais ou menos explícita, e que a análise

das estruturas económicas, jurídicas e políticas, igualmente responsáveis pela poluição, nunca é referida.

Parece poder concluir-se que, os manuais analisados neste estudo, tratam as complexas inter-relações C/T/S de uma forma simplista e contribuem para a formação de uma imagem negativa de Ciência, junto dos alunos.

Os estudos de índole epistemológica, apresentados neste capítulo, são elucidativos da importância atribuída aos ME's na formação de imagens sobre a Ciência e a construção do conhecimento científico. Simultaneamente, tais estudos fazem sobressair a relevância na formação de professores de ciências, da reflexão em torno daquelas imagens.

De um modo genérico, a revisão da literatura feita aponta para a não existência de estudos de índole epistemológica sobre manuais de Química e, muito menos, sobre o tópico Ácido-Base.

CAPITULO 3 - METODOLOGIA DO ESTUDO

Neste capítulo, pretende-se apresentar os critérios utilizados na selecção do capítulo de "Ácido-Base" e dos manuais analisados, o método utilizado na análise dos manuais, nomeadamente a construção do instrumento de análise.

A identificação dos manuais escolares analisados e/ou citados neste capítulo e posteriores, pode ser encontrada no anexo 1.

1 DESENHO EXPERIMENTAL

Numa 1ª fase do trabalho, definiram-se as dimensões e categorias de análise e operacionalizaram-se de forma a construir uma Grelha de Análise de manuais com o objectivo de identificar imagens de Ciência por eles veiculadas, em particular no tratamento do tópico Ácido-Base, e a eventual congruência dessas imagens com uma visão moderna da Ciência e dos cientistas ("Nova" filosofia da Ciência). Os resultados desta análise serão apresentados no capítulo 4.

Numa 2ª fase, exploraram-se as conclusões da análise, elaborando um Guia para professores de Físico-Químicas, e fichas de trabalho para uso na sala de aula, onde se dão sugestões sobre o uso de materiais de ensino-aprendizagem, que possibilitem a construção de perspectivas mais adequadas, por parte dos alunos, sobre a natureza da Ciência e da construção do conhecimento científico. Essas fichas de trabalho, pretendem ilustrar o possível uso da História da Ciência no ensino da Química, concretamente no tópico Ácido-Base, a controvérsia em torno da construção dos conceitos e teorias de Ácido-Base e as complexas relações Ciência/Tecnologia/Sociedade (CTS). A possível exploração desses materiais didácticos será abordada no capítulo 5.

2 SELECÇÃO DO CAPÍTULO DE ÁCIDO-BASE E DOS MANUAIS ANALISADOS

Optou-se por um tema programático relativo ao programa de Química do ensino secundário, pois é neste nível de ensino que o autor deste estudo desenvolve sobretudo a sua actividade docente, podendo assim mais facilmente explorar os resultados do estudo, para si e para os outros professores.

O critério para a escolha de uma mesma unidade temática do programa de Química do ensino secundário, tratada pelos manuais escolares, teve em conta a sua centralidade no currículo dos alunos, a razoabilidade do tratamento pelos ME's de questões relativas às 3 dimensões de análise escolhidas, ou seja, seleccionou-se um tema que possibilitasse a exploração da História da Ciência, a abordagem das relações CTS e a metodologia científica. Esta questão, tem naturalmente a ver com a validade externa do estudo.

Aquando do início deste estudo (1994), apenas estavam disponíveis no mercado e para o ensino secundário, manuais de Química para o 10ºano de escolaridade, de acordo com a Reforma Curricular. O programa de Química do 10ºano, inclui 4 Unidades Temáticas: "A quantidade em Química", "Velocidade das reacções", "Reacções incompletas e equilíbrio químico" e "Reacções de Ácido-Base". Esta última unidade refere-se a um tópico importante para o currículo dos alunos, já que é abordado no ensino básico e no 12º ano. Das 4 unidades referidas, a relativa às reacções de Ácido-Base tem uma maior ligação ao dia-a-dia dos alunos, possibilitando assim uma mais fácil abordagem CTS dos conteúdos e levanta diversos problemas de índole científico-tecnológicos possibilitando a proposta de diversas actividades experimentais para os alunos. Por outro lado, ao nível do programa de Química do 10ºano, a exploração da História da Ciência também nos pareceu mais razoável na unidade Ácido-Base que nas outras unidades. Não seria de prever uma exploração significativa da História da Ciência e das relações CTS numa unidade como por exemplo a unidade 1 "A quantidade em Química". Neste

sentido, analisou-se nos manuais seleccionados, o capítulo relativo à unidade temática "Reacções de Ácido-Base" do programa de Química do secundário.

O critério de escolha dos manuais foi o da sua aceitação pelas escolas, isto é, escolheram-se os mais adoptados no ano lectivo de 1994/95 pelas escolas do país.

Fixado este critério, procedeu-se a contactos com editoras, com a Associação Portuguesa de Editores Livreiros e com as Direcções dos Departamentos de Educação Básica e do Ensino Secundário (ver cartas em anexo 5).

Dos contactos efectuados, apenas se obteve resposta de uma editora do Porto e do Departamento do Ensino Secundário (anexo 7). A editora forneceu as quotas de mercado dos seus manuais, permitindo saber quais os mais vendidos no país, e o Departamento do Ensino Secundário, com base numa amostra aleatória de 100 escolas, informou quais os quatro manuais de Química do 10º ano, mais adoptados a nível nacional. As respostas recebidas são coincidentes.

Dado tratar-se de um estudo qualitativo previsivelmente mais demorado, optou-se por analisar apenas os quatro manuais de Química do 10º ano de escolaridade, mais adoptados.

No entanto, ao longo deste estudo aparecem outros manuais citados, tendo-se elaborado uma lista destes e de outros presentes no mercado em 1994 (ver anexo1).

3 TÉCNICA DE ANÁLISE UTILIZADA

Como foi frisado no Capítulo 1, pretendia-se identificar imagens sobre a natureza da Ciência e da construção do conhecimento científico, presentes, de forma implícita ou explícita, em manuais escolares de Química.

Enquanto instrumento de aprendizagem e de ensino, o manual escolar veicula, implícita ou explicitamente, uma certa metodologia na exposição das ideias, na organização do processo de ensino-aprendizagem, metodologia que, pode ser mais ou menos limitativa e estar mais ou menos de acordo com a do professor (Richaudeau, 1979).

Tratava-se pois, de fazer um levantamento de questões epistemologicamente relevantes, não só a partir de mensagens explicitamente expressas nos manuais mas, essencialmente, do modo usado na apresentação dos conteúdos e nas actividades propostas aos alunos.

Dado que, se pretendia analisar a natureza das imagens veiculadas pelos manuais e sua adequação a uma visão actual da Ciência e dos cientistas e a uma leitura possível da Reforma Curricular em curso, escolheu-se um procedimento, em que as categorias de análise foram definidas a priori. Este procedimento é adequado quando " a interacção entre o quadro teórico de partida do analista, os problemas concretos que pretende estudar e o seu plano de hipóteses permitem a formulação de um sistema de categorias..., então o analista optará por categorias definidas a priori " (Vala, 1986).

Duas técnicas de análise de conteúdo têm tido larga aplicação nos últimos anos. A primeira envolve a aplicação subjectiva de um esquema de classificação por parte do investigador ao fenómeno a estudar, e pode ser quantitativa ou qualitativa; a segunda aplica computadores na atribuição de códigos numéricos às palavras retiradas de textos e às relações entre elas, sendo uma técnica quantitativa (Eltinge & Roberts, 1993). Ambas as técnicas têm limitações. A primeira levanta problemas de concordância entre codificadores, dada a subjectividade na aplicação das categorias; a segunda levanta o problema da obtenção de resultados inválidos já que o computador retira as palavras e as frases dos contextos que lhes dão significado.

Entendeu-se ser mais adequado à finalidade deste estudo, um método de análise qualitativo que permitisse destacar e caracterizar detalhadamente as imagens de Ciência veiculadas por manuais escolares.

As dimensões e categorias neste estudo, não foram definidas tendo em conta apenas o quadro teórico de que se partiu e finalidade do estudo, condição primeira para a validade do instrumento de análise e, conseqüentemente para a validade interna (metodológica) do estudo. Consideraram-se, também, as características concretas dos materiais em análise, ou seja, as dimensões e categorias foram definidas de acordo com a razoabilidade da sua presença em manuais escolares.

Depois de definidas as dimensões de análise e as respectivas categorias, estas foram operacionalizadas de modo a construir uma Grelha de Análise dos manuais.

4 CONSTRUÇÃO DAS DIMENSÕES E CATEGORIAS DE ANÁLISE

4.1 AS DIMENSÕES DE ANÁLISE

As dimensões de análise escolhidas, derivam das perspectivas epistemológicas adoptadas (ver capítulo 1) e das definições da natureza da Ciência e da construção do conhecimento científico. Estas definições aparecem na literatura de forma multifacetada, devido, em grande parte, à variedade de disciplinas de onde derivam as definições (Meichtry, 1993).

Segundo as recomendações da American Association for the Advancement of Science, de 1989, define-se a natureza da Ciência segundo 3 componentes principais:

- **visão do mundo da Ciência**- o mundo é compreensível; as ideias científicas estão sujeitas a mudança; o conhecimento científico é durável e a Ciência não pode fornecer respostas a todas as questões.

- **metodologia da Ciência** - a Ciência necessita de evidências; a Ciência é uma mistura de lógica e imaginação; a Ciência explica e faz previsões; os cientistas tentam identificar e evitar o preconceito e a Ciência não é autoritária.

- **natureza da actividade científica** - a Ciência é uma actividade social complexa; a Ciência está organizada em áreas disciplinares e é levada a cabo em diversas instituições onde são aceites geralmente princípios éticos na condução da Ciência; os cientistas participam em assuntos públicos, quer como especialistas quer como cidadãos.

(Meichtry, 1993; Rutherford & Ahlgren, 1995)

Ao transpôr para o campo da didáctica esta definição da natureza da Ciência e, tendo em conta as finalidades e objectivos gerais da disciplina de Físico-Químicas (ver capítulo 1), optou-se por 3 dimensões de análise, que se relacionam de perto com aquelas componentes, e de exploração previsível em manuais de ciências:

- Metodologia da Ciência (MC)
- Relações Ciência/Tecnologia/Sociedade (CTS)
- História da Ciência (HC)

A relevância destas dimensões de análise, também decorre do importante movimento, a nível internacional, de inclusão nos currícula de Ciências da História da Ciência e de uma abordagem CTS dos conteúdos científicos. Aliás, como vimos no capítulo 1, o Programa Oficial de Física e Química do Ensino Secundário, inclui alguns objectivos consonantes com esta perspectiva actual.

4.2 DEFINIÇÃO DAS CATEGORIAS DE CONTEÚDO

Este subcapítulo, está dividido em 8 secções correspondentes às 8 categorias definidas - 3 categorias para a dimensão "Metodologia da Ciência", 3 categorias para a dimensão "Relações CTS" e 2 categorias para a dimensão "História da Ciência".

Cada secção pretende esclarecer o sentido dado a cada uma das categorias definidas. As categorias são tentativamente exclusivas, embora possam surgir eventuais intersecções, pois todas elas se referem a algum aspecto da natureza da Ciência e da construção do conhecimento científico, aspectos esses que se interligam uns com os outros.

Dimensão: Metodologia da Ciência

i) Método Científico (MC 1)

Era frequente, há alguns anos atrás, encontrar no início de manuais de Física e Química, a concepção de que o conhecimento científico se constrói aplicando um algoritmo, que era apelidado de "Método Científico". Por exemplo, era frequente encontrar o seguinte conjunto de "passos" que, segundo aqueles manuais, levariam à descoberta de leis e teorias científicas: Observação - Hipótese - Experimentação - Resultados - Conclusões.

É, no entanto, possível encontrar manuais recentes, que tomam como objectivo, ensinar aos alunos, num capítulo à parte (muitas vezes a Introdução), o conjunto de procedimentos a que chamam "Método Científico". É o caso, por exemplo, do manual ME 1, p.24 e 25, onde se afirma:

"Em suma, a actividade do cientista segue uma série de passos logicamente relacionados. O conjunto desses "passos" constituiria o MÉTODO CIENTÍFICO.

Observação cuidadosa da ocorrência ou do objecto a ser estudado; registo preciso dos factos observados e dados recolhidos; organização dos dados acumulados; formulação de hipóteses; experimentação para confirmação da hipótese; hipótese confirmada ou não confirmada; resposta ao problema (conclusão) ou escolha de novas hipóteses."

Embora, actualmente, a maioria dos manuais de Física e Química não defendam, explicitamente, este algoritmo como método da Ciência, muitos apresentam os assuntos segundo um esquema empirista "falseado". É aquilo a que poderíamos chamar "método científico" escolar. Os conceitos, as leis e as teorias científicas são expostas aos alunos, como valendo por si, seguindo-se a observação experimental, onde os alunos são orientados pelo manual, para a confirmação do que foi exposto. Cria-se, assim, uma "encenação" experimental, que condiciona os alunos a respostas únicas e determinadas, sobre um dado fenómeno, de maneira a injectar subrepticiamente o que convém observar e as teorias que se querem transmitir. As actividades propostas aos alunos, segundo esta perspectiva, seguem, num caso extremo, aquele conjunto de etapas rígidas ou limitam-se a confirmar o que é exposto no texto do manual.

Segundo o "modelo" de Ciência adoptado (ver capítulo 1), não há um só método científico. Considera-se ser muito mais formativo apresentar aos alunos as leis e teorias científicas, a partir de actividades diversificadas, nas quais eles possam desenvolver diferentes competências de trabalho científico e construir os novos conhecimentos usando a imaginação e os seus conhecimentos prévios. Defende-se portanto, que em vez de apresentar a construção do conhecimento científico como o resultado da aplicação de um só método, se fomente o pluralismo metodológico, propondo aos alunos diferentes actividades, na apresentação dos conteúdos, como por exemplo, o planeamento e execução de experiências, a recolha de materiais e informação, pesquisa bibliográfica ou interpretação de textos científicos.

Aliás, segundo o novo programa de Físico-Químicas, o seu ensino deve "possibilitar ao aluno adquirir competências e prática de recolha, selecção, interpretação, organização e apresentação da informação, visando simultaneamente o domínio da língua materna" (Programa Oficial - Ensino Básico, 1995). Um manual escolar deve procurar implementar o desenvolvimento daquelas competências nos alunos.

Podemos encontrar, exemplos de manuais recentes, onde se procura que a construção de novos conhecimentos surja a partir de actividades diversificadas. É o caso do manual ME 10, pág.66: "Vamos fazer...Uma lista de materiais que contêm ácidos e bases. Procura em rótulos de materiais variados (de higiene, de limpeza, de cosmética, de cozinha, de farmácia) indicações de ácidos e bases neles contidos e lista os nomes respectivos. Procura informação sobre se fazem parte do material em si, ou se foram adicionados e com que fim. Organiza esses materiais por grupos (por exemplo, "ácidos na alimentação", "ácidos na saúde", "ácidos na higiene e limpeza"), num dossier." ; ou na página 58: "Com base na lei de Lavoisier o que prevê verificar com uma balança se, numa reacção Química, se formar um produto gasoso e o sistema estiver: a. aberto; b. fechado ? Planeia experiências para confirmares a tua previsão e, com a ajuda do teu professor, executa-as."

ii) Relação Teoria / Observação (MC 2)

Muitos ME's põem a ênfase na observação de fenómenos da natureza, de factos da realidade quotidiana e/ou de experiências laboratoriais, no início dos capítulos, para introduzir um determinado assunto. É interessante verificar que os alunos são, a maior parte das vezes, solicitados a observar determinado fenómeno, no início da Unidade/Capítulo, sem que sejam esclarecida a rede de razões em que tais observações têm sentido bem como os critérios que presidem a essas observações, e quase nunca no final da Unidade, no sentido de explorarem os seus conhecimentos em novas situações.

Alguns manuais defendem, explicitamente, uma posição empirista/indutivista relativamente à relação entre a teoria e a observação, segundo a qual, a teoria surge invariavelmente depois da observação, sendo esta que conduz ao estabelecimento das leis e teorias científicas. É o caso do manual ME 2, pág. 9, onde se afirma: "A ciência baseia-se em observações que podem ser casuais ou experimentais. Os registos dessas observações são dados científicos que devidamente analisados revelam regularidades e semelhanças. Algumas destas regularidades conduzem a generalizações concisas - as leis."; ou o caso do manual ME 1, pág.23: "Muitas dessas experiências podem não levar a nada, porque os factos, embora cuidadosamente observados e meticulosamente anotados, não foram organizados de modo a revelar uma tendência ou regularidade que conduzisse a uma maior compreensão do fenómeno."

Para muitos manuais, as hipóteses, quando tidas em conta, ou são vistas como meras suposições, simples alternativas a considerar, sem esclarecer os fundamentos teóricos em que necessariamente assentam, e que têm a ver com a epistemologia da própria disciplina (Química), ou não lhes é atribuído um papel fundamental na relação teoria/observação.

Ao contrário desta perspectiva, defende-se que, a teoria está antes e na observação. Não existe observação neutra e desinteressada dos fenómenos físico-químicos. Uma observação surge como relevante, se foi definido previamente o critério e/ou teoria que lhe dá precisamente essa qualidade.

Assim, e em alternativa, os assuntos deveriam ser introduzidos pelo manual através de uma problematização prévia, na qual os alunos poderiam ser solicitados a explicitarem as suas ideias e a seleccionarem as observações que as apoiam. Além do significado estritamente epistemológico, isto permitiria ao professor detectar concepções alternativas, que precisa de ter em conta na planificação do ensino/aprendizagem. A elaboração de hipóteses é uma ocasião para os alunos denunciarem as suas concepções alternativas.

iii) Papel do Trabalho Experimental (MC 3)

Alguns manuais pretendem transmitir aos alunos determinados modelos, leis e teorias, através da realização de experiências, seleccionando os aspectos a observar e apresentando estes como únicos e "objectivos". Muitas vezes, o manual não esclarece os critérios daquela selecção, veiculando implicitamente uma dada interpretação teórica, que apresentará no final aos alunos, como resultado "óbvio" das observações registadas no manual. A aplicação de uma lógica confirmatória, de raiz indutivista, em que o resultado de uma só experiência confirma uma hipótese de trabalho, não é aconselhável, dado que os alunos têm, na maioria dos casos, outras interpretações sobre os fenómenos observados e que radicam, entre outras, nas suas concepções alternativas. Esta perspectiva, pode ser encontrada em diversos manuais. Por exemplo, no manual ME 9, pág. 43, podemos ler:

"Como se transformam umas substâncias noutras. Acção da electricidade. A água pode ser decomposta em hidrogénio e oxigénio por acção da corrente eléctrica. Este processo designa-se por electrólise. Experiência: Electrólise da água (Esquema e modo de proceder).

...

...Observar.

Observação: o gás arde na boca do tubo de ensaio.

Conclusão: Este gás é o hidrogénio.

...

Observação: O gás contido no tubo aviva a chama do pavio.

Conclusão: O gás é o oxigénio."

Neste exemplo, não há qualquer problematização a anteceder a experiência. A problematização, podia partir de exemplos do quotidiano dos alunos, em que se evidenciassem os diferentes efeitos da electricidade sobre as substâncias (fusão, ebulição, transformação Química, etc.).

No caso da água, os alunos podiam comparar os efeitos de uma resistência, imersa na água, ligada a uma bateria, e dois eléctrodos imersos na água ligados à mesma bateria.

Com efeito, os alunos tem tendência a interpretar a libertação de hidrogénio e oxigénio, junto dos eléctrodos, como sendo a água a ferver. A recolha destes dois gases e do vapor de água libertado no caso da resistência imersa, assim como o estudo de algumas das suas propriedades, podiam servir de exemplos contra-intuitivos.

Ao contrário da perspectiva empirista, o trabalho experimental deve enquadrar-se numa estratégia de resolução de problemas, que devem portanto ser previamente identificados. Dada a importância de um manual evidenciar pluralismo metodológico (MC 1), ele deverá, tanto quanto possível, encarar o Trabalho Experimental com diferentes objectivos:

- Experiências exploratórias do estudo de um dado problema/fenómeno.
- Experiências para testar ideias prévias dos alunos.
- Experiências contra-intuitivas.
- Experiências para testar previsões feitas com base em leis/teorias científicas.
- Experiências com carácter investigativo.

Podemos encontrar em manuais recentes, actividades experimentais que não têm um carácter meramente confirmatório. Por exemplo, no manual ME 10, pág.115, podemos encontrar a seguinte actividade: "No comércio há descalcificadores para máquinas de lavar (roupa ou louça). Com algum ou alguns deles, planeia uma experiência que te permita: a. Concluir como actuam os descalcificadores; b. Qual o melhor (mais eficaz) descalcificador, tendo em conta a dureza da água canalizada em tua casa."

Dimensão: Relações Ciência/Tecnologia/Sociedade (CTS)

iv) Contexto na apresentação dos temas (CTS 1)

É frequente os ME's apresentarem uma visão descontextualizada da Ciência. O conhecimento científico é veiculado como definitivo e fora do contexto social, económico e cultural em que é produzido. É uma visão académica e disciplinar, em que a Ciência e os cientistas aparecem desligados dos problemas sociais, económicos e políticos da sua época, sem responsabilidades na utilização das suas descobertas e tomadas de decisão.

Actualmente, é difícil encontrar um manual com uma perspectiva puramente académica e disciplinar, até porque, os novos programas do 8º e 10º ano, são explícitos, nas suas finalidades e objectivos gerais, na necessidade de ensinar a Química num contexto social e tecnológico. Defende-se, pelo contrário, que a Ciência é uma actividade colectiva e socialmente análoga a outros empreendimentos humanos. A Ciência insere-se num dado contexto social, influenciando e sendo influenciada pelo desenvolvimento económico e político da sociedade. As instituições científicas e os cientistas participam em assuntos públicos e estão dependentes, na sua maioria, de tomadas de decisão exterior.

Embora a grande maioria dos ME's tente contextualizar o ensino da Química, muitos deles, abordam de uma forma simplista, e por vezes pouco adequada, as relações C/T/S. No entanto, é possível encontrar uma contextualização adequada, em manuais recentes. Por exemplo, o manual ME 10, em 9 temas/capítulos, que cobrem os conteúdos programáticos do 8º ano, dedica 3 capítulos a problemas de índole social e tecnológica. O tema 6, "As chuvas ácidas e o ambiente", o tema 7 "Os metais e as ligas metálicas" e o tema 9 "O vestuário e as embalagens que usamos".

v) Ciência/Tecnologia e progresso social (CTS 2)

Alguns manuais, veiculam uma visão da Ciência que podemos apelidar de triunfalista, que vem do séc.XIX e de raiz newtoniana. Em alguns manuais, dá-se a ideia que a incapacidade da Ciência na resolução de certos problemas actuais não é estrutural, mas radica na actuação dos governos, pois a Ciência possui respostas para eles. Exalta-se a Ciência como factor absoluto do progresso, com capacidades quase ilimitadas na resolução dos problemas da Humanidade. Não se chama a atenção para as limitações da Ciência, nem se dão exemplos de problemas ainda não resolvidos pela comunidade científica.

É possível encontrar esta visão da Ciência, que podemos apelidar de "cientismo", em alguns manuais recentes: "Os últimos tempos têm sido impressionantes no que diz respeito ao aparecimento e revelação de novidades no Universo da Ciência... Mas a actividade científica não pára! É uma actividade que não conhece fronteiras. É poderosa e fascinante, já que os resultados obtidos muito contribuem para o progresso e evolução da Sociedade e também para o controlo e melhoria do meio ambiente." (ME 1, p.36).

Trata-se pois, do nosso ponto de vista, de apresentar a Ciência com as suas limitações, como uma actividade humana, não sendo capaz de dar resposta a todos os problemas que hoje atingem a Humanidade. A Ciência progride por tentativas, sendo marcada por incertezas, dúvidas e erros. O que hoje se pensa ser um bom contributo da Ciência para a solução de certos problemas, poderá vir a ser abandonado amanhã , com a alteração do contexto económico e político, ou devido ao próprio avanço da Ciência.

Podemos encontrar exemplos desta perspectiva, em manuais recentes: "Titulo: Efeitos das chuvas ácidas" ; Só nas últimas décadas do séc. XX é que os cientistas têm estudado com mais pormenor os efeitos das chuvas ácidas. Ainda hoje se desconhece a melhor forma de minimizar esses efeitos, bem como, em grande parte

dos casos, a gravidade dos mesmos.... . A maior parte dos cientistas concorda , no entanto, em certos pontos, de entre os quais indicaremos alguns deles."(ME 11 , pág. 130).

vi) Relação entre Ciência / Tecnologia

Alguns manuais, pretendem tratar as inter-relações C/T/S, mas caem em visões simplistas, segundo as quais, a tecnologia é apresentada como simples aplicação dos conhecimentos desinteressados da Ciência. Não se tem em conta as relações complexas entre a Ciência e a Tecnologia.

Na maior parte dos manuais, estas aplicações aparecem em "caixas", à parte do desenvolvimento dos conteúdos, e muitas vezes no final dos capítulos.É o caso do manual ME 4: este manual, desenvolve os assuntos de forma académica, apresentando apenas no final dos seus 4 capítulos, uma rubrica "A Química e o mundo real", na qual apresenta algumas aplicações tecnológicas, muitas vezes desligadas dos conceitos tratados no capítulo.

Actualmente, a Ciência e a Tecnologia interpenetram-se, não tendo uma existência independente uma da outra. A construção da Ciência do séc.XX não existe fora de um todo tecnológico. O papel da instrumentação é hoje crucial na investigação científica. Não há nas relações entre Ciência/Tecnologia qualquer hierarquização. Podemos falar, hoje em dia, em Tecnociência para traduzir aquelas complexas relações (Fourez, 1992).

Como exemplo desta perspectiva, podemos apontar o manual ME 10. Os autores deste manual propõem-se, explicitamente (Guia do Professor, pág.21), abordar os tópicos programáticos "Factores que afectam a rapidez das reacções" e "Propriedades Físicas e Químicas dos materiais" a partir do tema "Os metais e as ligas metálicas", partindo assim, de questões tecnológicas para introduzir noções de

cinética Química e estudar propriedades de materiais de uso corrente na nossa sociedade.

Dimensão: História da Ciência

vii) Evolução histórica (HC 1)

Tradicionalmente, os manuais escolares de ciência, ou não incluem a História da Ciência na abordagem dos temas ou, quando o fazem, limitam-se a transcrever nomes de cientistas, datas ou outros episódios históricos. É possível encontrar manuais onde a História da Ciência não está presente de todo, em alguns capítulos. É o caso do manual ME 6, capítulo de Ácido-Base ;este manual não inclui qualquer referência histórica no capítulo referido, nem mesmo o nome de qualquer cientista ligado ao estudo dos ácidos e bases é citado. Este é um caso extremo, em que a História da Ciência está ausente.

Alguns ME's, incluem a História da Ciência, mas limitam-se a citar nomes e datas ou transcrevem resumos de biografias, que incluem em "caixas", à parte do texto principal.

É possível encontrar manuais, que apresentam a evolução histórica de alguns conceitos, mas em que as teorias anteriores são analisadas à luz dos conhecimentos actuais e apresentadas aos alunos como erradas. Não se faz, a maior parte das vezes, uma contextualização na época em que aquelas teorias foram construídas, surgindo assim para os alunos, como informação para decorar.

É difícil encontrar um manual que utilize casos da história da Ciência, ou mesmo sínteses ou extractos de textos originais, para sensibilizar os alunos para a natureza da Ciência e da construção do conhecimento científico. Trata-se de mostrar aos alunos, os problemas que geraram a construção dos conhecimentos científicos, qual

foi a sua evolução, os avanços e recuos, as dificuldades e a controvérsia em torno de modelos/teorias concorrentes. Esta perspectiva possibilita, aos alunos, a formação de uma imagem mais adequada da actividade científica, a constatação do carácter provisório das leis/teorias científicas e a ligação da Ciência às outras áreas do saber, em cada época histórica.

viii) Papel dos cientistas e da comunidade científica (HC 2)

Alguns manuais, veiculam uma visão individualista/heróica em que os conhecimentos aparecem como obra de génios isolados, ignorando-se o papel do trabalho colectivo, do intercâmbio entre as equipas de investigadores. Em particular, faz-se crer que os resultados de um só cientista ou equipa podem ser suficientes para verificar ou falsificar uma hipótese.

Existem manuais que defendem explicitamente esta perspectiva: "As grandes descobertas científicas basearam-se em intuições geniais de algumas pessoas muito observadoras e incansáveis na procura de uma experiência ou de uma demonstração pela qual fosse possível evidenciar a validade de uma previsão." (ME 8, pág. 16)

Defende-se, pelo contrário, que a decisão final sobre questões científicas cabe à comunidade científica em geral e não a um cientista ou equipa. Implica negociação de significados (intersubjectividade). A Ciência é uma actividade colectiva e socialmente análoga a outros empreendimentos humanos. O cientista enquadra-se no contexto científico e cultural da sua época, estando o seu trabalho dependente dos avanços e recuos da comunidade científica.

Na figura 1, apresenta-se um diagrama síntese com as dimensões e categorias usadas neste estudo para a análise dos ME's.

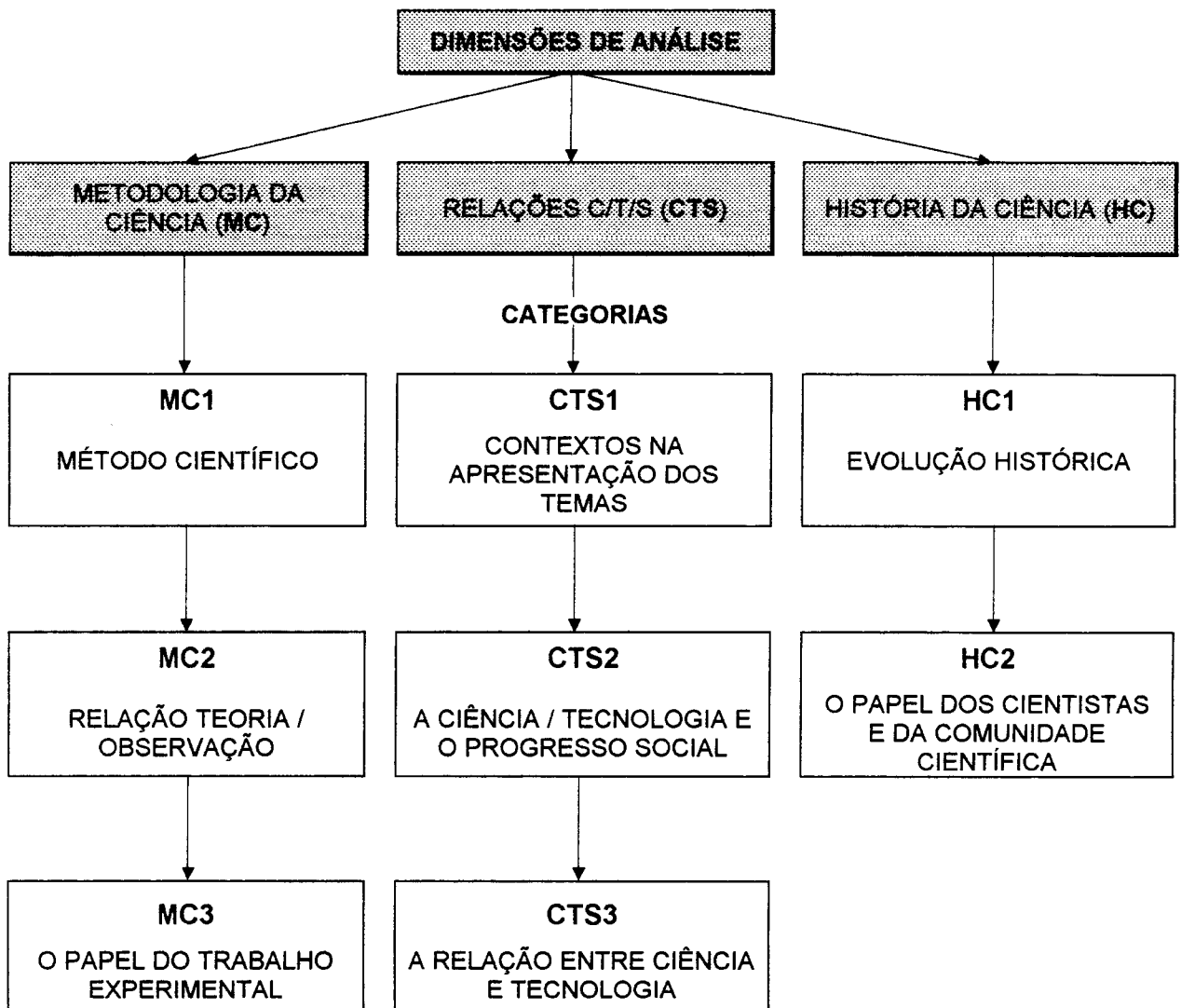


Fig. 1 - Dimensões e categorias de análise usadas

5 CONTRUÇÃO DO INSTRUMENTO DE ANÁLISE

5.1 OPERACIONALIZAÇÃO DAS CATEGORIAS

Cada categoria foi operacionalizada segundo duas perspectivas, a A, empirista/positivista, e a B, racionalista/construtivista. Esta classificação, tem por objectivo enquadrar a análise em duas tendências dominantes.

Tal classificação é meramente convencional para efeitos da análise e não pretende reduzir o espectro epistemológico a estas duas posições extremas, entre as quais existe, certamente, senão um continuum de possibilidades, pelo menos situações intermédias.

A operacionalização das categorias mostra, como já se afirmou atrás, que elas não são, necessariamente, independentes umas das outras. Elas devem ser compreendidas como uma tentativa de identificar num manual, sob diferentes pontos de vista, as imagens que são veiculadas sobre a metodologia da Ciência, as relações C/T/S e a História da Ciência. Estas dimensões formam, sem dúvida, um todo integrado, e as categorias a elas ligadas têm, necessariamente, intersecções entre si. A operacionalização das categorias faz ressaltar, também, algumas ligações entre categorias de diferentes dimensões de análise. Ou seja, trata-se de separar mas não desunir de forma a perder a perspectiva do todo.

Na operacionalização das categorias, teve-se em conta dois aspectos importantes, relacionados com a estrutura dos manuais: um deles, é a maneira como os manuais apresentam aos alunos os diferentes conteúdos; o outro tem a ver com o tipo e forma de estruturar as actividades propostas aos alunos.

Apresenta-se, a seguir, nos quadros 1, 2 e 3, a versão final da Grelha de análise utilizada.

QUADRO 1

DIMENSÃO: METODOLOGIA DA CIÊNCIA (MC)

CATEGORIA	PERSPECTIVA	
	A (empirista/positivista)	B (racionalista/construtivista)
<p>MC 1</p> <p>Método Científico</p>	<p>* No ME, as leis e teorias científicas são apresentadas utilizando-se um mesmo procedimento, como por exemplo, observação-hipótese-experiência-resultados-conclusões. Pode mesmo chegar-se ao extremo, de apresentar este algoritmo, como sendo o método científico, em que as leis e teorias são estabelecidas por indução.</p> <p>* As actividades propostas aos alunos, surgem esquematizadas segundo aquele conjunto de "passos".</p>	<p>* O ME evidencia pluralismo metodológico, na apresentação das leis e teorias científicas.</p> <p>* Propõem-se aos alunos, actividades diversificadas, desde o planeamento e execução de experiências, para questionar ideias suas ou sugeridas pelo manual, à recolha de materiais, organização de informação, pesquisa bibliográfica ou interpretação de textos científicos.</p>
<p>MC 2</p> <p>Relação teoria / observação</p>	<p>* Parte-se da observação atenta e completa dos fenómenos, para estabelecer as leis e teorias científicas. Estas surgem como generalizações de enunciados observacionais.</p> <p>* O papel das hipóteses é tido pouco em conta na relação entre teoria e observação ou simplesmente ignorado.</p>	<p>* Apresentam-se os pressupostos, as teorias e os modelos tidos em conta na elaboração de hipóteses, clarificando-se, assim, os critérios segundo os quais se realizarão as observações.</p> <p>* Propõem-se actividades, que permitem aos alunos elaborar hipóteses com base nos conhecimentos disponíveis, e a seleccionar aspectos observados que as apoiem ou refutem.</p>
<p>MC 3</p> <p>Papel do Trabalho Experimental</p>	<p>* As experiências surgem no ME, com uma lógica confirmatória, ou seja, no sentido de confirmar determinadas afirmações, sendo o aluno orientado para as conclusões pretendidas, através da selecção dos aspectos que deve observar.</p> <p>* Frequentemente, a experiência surge sem que se esclareça o porquê da sua realização.</p> <p>* Nas actividades propostas aos alunos, é posta a ênfase na recolha e organização dos "dados" da experiência e na descoberta de regularidades.</p>	<p>* As experiências são precedidas da formulação de problemas e surgem para lhes dar resposta ou para os clarificar.</p> <p>* O ME esclarece as hipóteses de trabalho tidas em conta, aquando da realização das experiências, incentivando-se os alunos a seleccionar as observações que as corroboram ou não.</p> <p>* Faz-se uma avaliação crítica dos resultados das experiências e/ou incentiva-se os alunos a fazê-lo.</p>

QUADRO 2

DIMENSÃO: RELAÇÕES CIÊNCIA/TECNOLOGIA/SOCIEDADE (CTS)

CATEGORIA	PERSPECTIVA	
	A (empirista/positivista)	B (racionalista/construtivista)
CTS 1 Contextos na apresentação dos temas	<ul style="list-style-type: none"> * Na abordagem dos temas, apresenta-se o conhecimento científico como um conjunto de factos, leis e teorias, que valem por si. * Tem-se pouco em conta a utilidade da Ciência/Tecnologia no dia-a-dia dos alunos, não recorrendo a contextos que lhes são familiares, no estabelecimento dos conceitos científicos. 	<ul style="list-style-type: none"> * No ME os temas são desenvolvidos num contexto com relevância social e tecnológica, mostrando-se as implicações da Ciência/Tecnologia sobre o Homem/Ambiente/Património e a sociedade em geral. * Procura-se implicar os alunos em problemas sociais, tecnológicos e éticos, da actualidade, incentivando-os a expressar as suas opiniões, cientificamente fundamentadas, sobre eles.
CTS 2 Ciência/ Tecnologia e progresso social	<ul style="list-style-type: none"> * O ME apresenta a Ciência /Tecnologia como factor absoluto de progresso e com capacidade, quase ilimitada, para resolver os problemas que se põem hoje à Humanidade. * Ignora-se ou não se realça as implicações sociais da Ciência/Tecnologia, assim como, a influência da sociedade no desenvolvimento daquelas. 	<ul style="list-style-type: none"> * O ME apresenta a Ciência/Tecnologia como uma actividade em progresso, mas põe ênfase nas suas limitações, erros e dúvidas, características de qualquer actividade humana, podendo apresentar exemplos de insucessos e/ou de problemas ainda não resolvidos pela comunidade científica.
CTS 3 Relação entre Ciência e Tecnologia	<ul style="list-style-type: none"> * A Tecnologia aparece desarticulada em relação à Ciência. Apresentam-se, aplicações tecnológicas de alguns aspectos da Ciência, mas, quase sempre, em paralelo ao desenvolvimento dos temas, ou no final dos capítulos. 	<ul style="list-style-type: none"> * Põe-se a ênfase na interligação entre Ciência e Tecnologia. Estas surgem como um empreendimento que influencia e é influenciado pela sociedade. * Parte-se, eventualmente, de problemas tecnológicos para introduzir conceitos, leis e teorias científicas.

QUADRO 3

DIMENSÃO: HISTÓRIA DA CIÊNCIA (HC)

CATEGORIA	PERSPECTIVA	
	A (empirista/positivista)	B (racionalista/construtivista)
HC 1 Evolução Histórica	* No ME, a história da ciência ou não existe, ou é apresentada com carácter meramente factual, por exemplo, em "caixas" à parte do texto principal, onde se transcrevem datas relativas a cientistas e descobertas, ou episódios históricos desligados dos conceitos e teorias, que estão a ser tratados.	* O ME aproveita períodos de controvérsia científica (por exemplo, química do oxigénio, teoria atómica, modelos de átomo ou outros), para mostrar a evolução dos conceitos e teorias, as dúvidas, os erros e as limitações na construção do conhecimento científico.
HC 2 Papel dos cientistas e a comunidade científica	* O ME apresenta o trabalho científico como obra de cientistas isolados, intelectualmente geniais, ignorando-se, em cada época histórica, o papel das comunidades científicas e o intercâmbio entre as equipas de investigadores.	* Apresenta-se o cientista inserido numa comunidade científica, à qual cabe, em última análise, a decisão final sobre o seu trabalho. Põe-se a ênfase no intercâmbio, e por vezes competitividade, entre equipas de investigação, no avanço da Ciência.

5.2 VALIDAÇÃO DA GRELHA DE ANÁLISE

Definidas e operacionalizadas as categorias, construiu-se uma 1ª versão do instrumento de análise. A sua validação teve em vista a congruência entre a sua operacionalização e o quadro conceptual de que se partiu (ver capítulo 1).

No sentido de proceder à validação do instrumento de análise, enviou-se a 1ª versão do instrumento, a dois juízes, com experiência em trabalhos de investigação ligados à epistemologia da Ciência, acompanhado de uma carta (ver anexo 6). Os juízes, analisaram os documentos de forma independente. A operacionalização das categorias, segundo as duas perspectivas, empirista/positivista (A) e

racionalista/construtivista (B), era acompanhada de uma rubrica "Observações", onde se pretendia clarificar aquelas duas perspectivas, tornando mais eficaz a utilização do instrumento. Também se davam exemplos ilustrativos de extractos de manuais de Química, para cada uma das perspectivas e para cada uma das categorias.

Independentemente de quaisquer outras opiniões dos juizes, pediu-se-lhes que se pronunciassem sobre a própria designação das duas perspectivas A e B, sobre a definição e designação das dimensões e categorias de análise e sobre a clareza da operacionalização das categorias, no sentido da eficácia da sua utilização na análise de um manual escolar.

Do debate tido, em reuniões realizadas posteriormente com cada um dos juizes isoladamente, resultou a clarificação de algumas questões relativas ao instrumento de análise, nomeadamente:

- a linguagem usada inicialmente na operacionalização das categorias, deveria ser mais geral e menos peremptória, dado que os pólos A e B, sendo dois extremos que balizam a análise, não precisam de ser definidos com bastante precisão;
- a análise dos exemplos de extractos de manuais, apresentados para cada categoria e para cada pólo, permitiu clarificar a operacionalização de algumas categorias;
- a designação de uma ou outra categoria foi substituída, no sentido de a tornar mais clara. Por exemplo, a designação da categoria "Ciência/Tecnologia" foi substituída por "Relação entre Ciência e Tecnologia".
- o papel das hipóteses, na operacionalização da categoria "Relação Teoria/Observação (MC 2), foi reforçado;

- a "lógica verificacionista" do trabalho experimental (MC 3), que surgia na 1ª versão, foi substituída por "lógica confirmatória", dado que, no plano didáctico, é de confirmação que se trata, sendo o "verificacionismo" uma posição no plano epistemológico;
- reforçou-se o papel do social e da ética no desenvolvimento da Ciência/Tecnologia, nas categorias CTS. Esclareceu-se, que não é a Ciência/Tecnologia que determina a mudança social. As mudanças têm em conta o contributo da Ciência/Tecnologia, mas elas são feitas a nível social;
- esclareceram-se as designações das polaridades da Grelha, concluindo-se que os termos "positivista" e "construtivista", para os pólos A e B, respectivamente, eram utilizados, fundamentalmente, na sua vertente epistemológica, sendo, no entanto, difícil separá-las da vertente psicológica subjacente - a aprendizagem, aquando da operacionalização das categorias.

Procedeu-se às alterações da 1ª versão da Grelha, tendo em conta os aspectos atrás referidos, construindo-se a versão definitiva, que foi apresentada em 5.1. A apresentação do modelo de trabalho usado na análise dos ME's, será feita no capítulo 4.

CAPITULO 4 - ANÁLISE DOS MANUAIS E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

Neste capítulo apresenta-se o modelo de trabalho utilizado na análise dos manuais. Para cada um dos manuais, apresentam-se em seguida os resultados da aplicação do modelo de trabalho, em particular no que diz respeito ao capítulo sobre "Ácido-Base" dos manuais.

Finalmente, discutem-se os resultados a que se chegou, assim como o problema da fidelidade dos mesmos.

1 MODELO DE TRABALHO

O modelo de trabalho usado na análise dos manuais consistiu em 2 fases articuladas.

Numa 1ª fase, fez-se a análise de mensagens explícitas presentes em secções dos manuais que não necessariamente no capítulo de ácido-base, e que a seguir se discriminam. A intenção era permitir enriquecer a análise global e também analisar a congruência epistemológica entre diferentes partes do texto. Nesta fase identificaram-se excertos susceptíveis de evidenciar perspectivas epistemologicamente relevantes, sendo incluídos nas três grandes dimensões de análise: metodologia da ciência (MC), relações C/T/S (CTS) e história da ciência (HC).

Numa 2ª fase, fez-se a análise do Capítulo "Ácido-Base", começando por explicitar a sua estrutura no manual e, posteriormente, utilizou-se a Grelha de Análise. Aqui, fez-se uma análise mais fina, em que se identificou a forma como as diferentes categorias da Grelha surgiam no manual ou, eventualmente, estavam ausentes.

1.1 1ª FASE DA ANÁLISE

Identificaram-se excertos dos manuais, que evidenciavam concepções sobre a natureza da Ciência e da construção do conhecimento científico, tendo sido analisados e incluídos nas três grandes dimensões de análise: MC, CTS e HC.

As mensagens deste teor, aparecem habitualmente no prefácio ou introdução do manual, no Guia do Professor ou na introdução ao Caderno de Actividades. Teve-se em conta que podiam surgir noutros locais do manual, pelo que foi necessário percorrê-lo na globalidade.

É de assinalar, que a identificação de mensagens explícitas, passíveis de incluir em cada uma daquelas dimensões, não significa que o manual as concretize na prática, aquando do tratamento das diferentes Unidades. Por outro lado, muitos ME's não explicitam as suas propostas metodológicas, tendo estas de ser inferidas a partir da forma como são tratados os conteúdos.

Começou-se por privilegiar as seguintes secções:

- Prefácio
- Introdução/ 1º Capítulo
- Lista de objectivos de aprendizagem
- Índice com os conteúdos tratados
- Guia do Professor
- Introdução ao Caderno de Actividades
- Início dos diferentes capítulos/ subcapítulos
- "Software" que acompanha o manual (caso exista)

Depois de identificadas aquelas intenções, elas foram analisadas segundo as referidas dimensões de análise.

Vejamos alguns critérios para efectuar esta classificação, assim como exemplos de mensagens representativas de cada uma das dimensões, retirados dos ME's analisados .

Dimensão: Metodologia da Ciência (MC)

Identificou-se a forma como se apresentam no ME, os métodos e os processos de trabalho da Química ou da Ciência em geral.

Questões de orientação:

- Como é apresentado aos alunos o método da Ciência ?
- Qual o papel da experimentação em Ciência ?
- Como se constroem as leis e teorias científicas ?
- Qual a importância das hipóteses na construção do conhecimento científico?
- Qual o papel da observação e a sua relação com a teoria ?
- Que se pretende com as experiências apresentadas no manual?

Exemplo: "Mas a teoria e a experiência andam sempre associadas: uma observação não terá qualquer significado se não existir uma base teórica que a suporte" (ME 12, p.29).

Dimensão: Relações Ciência/Tecnologia/Sociedade (C/T/S)

Identificaram-se no manual mensagens explícitas relativas ao tratamento dos conteúdos num contexto social e tecnológico, de estudar as implicações sociais da Ciência e da Tecnologia e de implicar os alunos em problemas sociais da actualidade.

Exemplo:

"Fez-se o desenvolvimento das 4 unidades programáticas...e, em cada uma delas... inserem-se leituras que mostram a estreita relação da Química com o mundo em que vivemos (o mundo real)." (ME 4, Introdução).

Dimensão: História da Ciência (HC)

Identificaram-se possíveis intenções do manual de utilizar a história da ciência e a forma como o pretendia fazer. Não é habitual encontrar mensagens sobre a forma como o manual pretende usar a história da ciência, embora quase todos a utilizem, de uma forma ou doutra. No entanto, é possível encontrar exemplos de mensagens explícitas a incluir nesta dimensão.

Exemplo:

"Contrariamente à imagem do cientista como indivíduo isolado trabalhando no seu laboratório, o investigador, hoje em dia, encontra-se quase sempre em contacto com outros investigadores da sua área científica" (ME 12,p.35).

1.2 2ª FASE DA ANÁLISE

Para cada manual, fez-se uma descrição da estrutura global do Capítulo de Ácido-Base. Em seguida, aplicou-se a grelha ao Capítulo "Ácido-Base", dos 4 manuais seleccionados, utilizando para cada uma das dimensões de análise, as diferentes categorias.

A. Metodologia da Ciência

Para a aplicação da grelha, no que diz respeito a esta dimensão, analisou-se o seguinte:

i) MC 1 - Método Científico

Privilegiou-se a análise do início do capítulo e dos diferentes subcapítulos.

Questões de orientação:

- Como se faz a introdução da Unidade ?
- Como são apresentadas as leis e teorias científicas ? Existem ao longo do capítulo diferentes metodologias, na sua apresentação aos alunos ?
- Como eram estruturadas as experiências apresentadas no manual? Sempre da mesma maneira?

Analisaram-se as actividades propostas aos alunos, essencialmente tendo em vista a sua congruência com uma perspectiva de trabalho científico.

- ao longo do capítulo
- no final do capítulo
- no Manual (caderno) de Actividades (caso exista).
- Qual o grau de abertura destas actividades?
- Estas actividades eram diversificadas no sentido de desenvolver nos alunos o pluralismo metodológico ?

ii) MC 2 - Relação teoria/observação

Questões de orientação:

- Estabelecem-se os critérios que presidem às observações?

- Parte-se da observação dos fenómenos para as leis e teorias ou vice-versa?
- Esclarecem-se as hipóteses tidas em conta aquando da realização das experiências ?

Analisaram-se as actividades propostas.

- Estas actividades incentivavam os alunos a emitir opiniões fundamentadas sobre os fenómenos em estudo?
- Incentivam os alunos a elaborar hipóteses, com base nos conhecimentos disponíveis ?

iii) MC 3 - Papel do Trabalho Experimental

Analisou-se o que antecedia a realização das experiências propostas pelo manual.

Questões de orientação:

- Eram os problemas que davam origem às experiências ou elas surgiam sem se explicar o porquê da sua realização ?
- Como eram apresentadas, à luz do trabalho realizado, as conclusões das experiências? Eram plausíveis para os alunos ou eram "impostas" as conclusões de antemão pretendidas ?

Analisaram-se as actividades propostas.

Os alunos eram solicitados a planear e a executar experiências, pedindo-se uma avaliação crítica dos resultados, com base nos conhecimentos de que dispunham ?

B. Relações C/T/S

Consideraram-se relações C/T/S o conjunto de mensagens que continham informação sobre o impacto social e ético da actividade científica e tecnológica, assim como o conjunto de estratégias pedagógicas (experiências, actividades, projectos) que implicavam os alunos naqueles problemas.

Não se consideraram incluídas nesta dimensão, simples referências a aplicações da ciência, como por exemplo:

"O amoníaco, prepara-se por síntese a temperaturas elevadas,... Na Petroquímica, que transforma produtos petrolíferos em compostos de elevado valor acrescentado (como o etileno, o benzeno, o propileno e outros), efectuam-se muitas reacções a temperaturas elevadas" (ME 4, pág.112).

A aplicação da grelha relativamente a esta dimensão, teve em conta os seguintes aspectos:

Analisou-se a maneira como são introduzidos os assuntos, de cada subcapítulo.

Questões de orientação:

- O manual tinha uma lógica académica/disciplinar, isto é, limitava-se a apresentar factos, leis e teorias, desligados de qualquer contexto social e tecnológico?
- Partia-se, algumas vezes, de problemas sociais, tecnológicos ou éticos para introduzir conceitos e teorias científicas?
- As implicações sociais da Ciência e Tecnologia eram sempre apresentadas em "caixas" à parte? Surgiam integradas no desenvolvimento dos temas? Apareciam apenas no final dos subcapítulos?

- Qual a natureza dos problemas para os quais a Ciência e a Tecnologia podem fornecer uma solução? Qual a sua capacidade, segundo o manual, na resolução dos problemas que se põem hoje às nossas sociedades ?

Analisaram-se as actividades propostas.

Implicavam os alunos em problemas sociais, tecnológicos ou éticos da actualidade? Incentivavam os alunos a emitir as suas opiniões sobre esses problemas? Faziam a ponte entre conceitos, leis e teorias e o quotidiano dos alunos?

C. História da Ciência

Nesta dimensão incluem-se duas categorias, uma relativa à maneira como é utilizada, pelo manual, a história da ciência e outra relativa ao papel dos cientistas e da comunidade científica. Foi importante detectar se o manual introduz a história da ciência de forma episódica ou de uma maneira mais sistemática. Analisou-se o conteúdo das "caixas" relativas à história da ciência.

Questões de orientação:

- Apenas se referiam datas relativas a cientistas e a descobertas ?
- Os cientistas eram enquadrados na época histórica em que viveram, mencionando-se os contributos da comunidade científica da época para o seu trabalho ?
- Que imagem dos cientistas era veiculada pelo manual?
- Apresentava-se, no ME, a evolução histórica de algum conceito ou teoria? De que maneira?
- Desenvolvia-se, de forma mais detalhada, algum período de controvérsia científica? Qual?

Analisaram-se as actividades propostas.

Propunha-se aos alunos a leitura de textos históricos, relativos à actividade científica ? Incentivava-se os alunos a fazer uma análise crítica desses textos ?

2 RESULTADOS DA ANÁLISE

2.1 MANUAL: ME 2

ANÁLISE DAS MENSAGENS EXPLÍCITAS

Na "Apresentação", diz-se que este manual foi elaborado de acordo com os conteúdos programáticos da disciplina, oficialmente aprovados pelo M.E., e que a abordagem de cada Unidade "segue as orientações metodológicas indicadas no programa".

Apenas na introdução ao 1ºcapitulo intitulada "Química - uma ciência experimental", é possível detectar algumas intenções metodológicas e concepções sobre a natureza da ciência e da construção do conhecimento científico. No livro de Trabalhos Práticos (T.P.), na sua apresentação, também explicitam algumas ideias sobre o papel do trabalho experimental.

Assim, e no que diz respeito à dimensão de análise - Metodologia da Ciência (MC), é possível ler na introdução ao 1ºcapítulo (p.8):

"A abordagem da química pode ser feita a 3 níveis : 1- Observação- observam-se as alterações que têm lugar durante uma experiência ; 2- Representação- registam-se e descrevem-se as experiências numa linguagem química usando símbolos químicos (fórmulas e equações químicas); 3- Interpretação ou explicação do fenómeno".

Logo a seguir, pág.9, afirma-se: "A Ciência baseia-se em observações que podem ser casuais ou experimentais. Os registos dessas observações são dados científicos que devidamente analisados revelam regularidades e semelhanças. Algumas destas regularidades conduzem a generalizações concisas - as leis".

Nestas afirmações, apresenta-se a construção do conhecimento científico como um processo que parte da observação para o estabelecimento de leis e teorias, apresentando-se as leis científicas como o resultado da detecção de regularidades nas observações efectuadas. Ao apresentar o conhecimento científico como partindo da observação/experiência, reflecte uma posição empirista e, ao apresentar o estabelecimento das leis segundo o esquema : observação → regularidades → generalização → leis , uma posição nitidamente indutivista da construção do conhecimento científico.

A reforçar esta ideia, aparece no final desta introdução, um subcapítulo intitulado "O Método Científico e a extinção dos dinossauros", onde se apresenta a colisão de um asteróide com a Terra como causa da extinção dos dinossauros. Dá-se a entender, que esta teoria resultou da aplicação do chamado "método científico" afirmando-se que: "Esta teoria surge porque através da análise química se detectou que: - o irídio é extremamente raro na Terra;- o irídio é relativamente abundante nos asteróides; - os sedimentos formados durante o Cretáceo contêm irídio em quantidades surpreendentemente elevadas" (p.9). Aparece uma fotografia de um dinossauro com o subtítulo: "O estudo da extinção dos dinossauros baseia-se no método científico".

Além de não explicar ao aluno o que entende por método científico, e da inversão no estatuto teoria/experimentação, nada é dito sobre outras eventuais teorias que existem sobre a extinção dos dinossauros e, se esta teoria é actualmente aceite pela comunidade científica, isso deve-se a um longo processo de debate entre teorias concorrentes. Dá-se assim, a entender ao aluno que, pela aplicação do chamado "método científico", se chega à teoria "verdadeira" sobre a extinção dos dinossauros.

Aparecem também, nesta introdução, algumas ideias simplistas sobre a Ciência, como por exemplo: "No final da Idade Média e com o despertar do espírito do Renascimento, séc.XVI e XVII, a Humanidade deixou de acreditar no que ensinava a Igreja e deu-se início à Ciência baseada na experiência." Esta afirmação não traduz apenas uma visão simplista da História da Ciência, nos séc XVI e XVII, ela é, parece-nos, mistificadora da realidade, já que passa por cima das complexas relações entre a religião e a Ciência, quer naquela época, quer na actualidade.

Na apresentação do livro de Trabalhos Práticos, explicitam-se os objectivos do trabalho experimental: "Pretende-se que os alunos:- verifiquem leis;-observem fenómenos; -estabeleçam relações entre grandezas; -interpretem os resultados e tirem conclusões." Estes objectivos, parecem indiciar uma lógica confirmatória do trabalho experimental e uma perspectiva empirista/indutivista, como já se referiu atrás, quando se parte da observação dos fenómenos para o estabelecimento das leis e teorias científicas. Nada é dito sobre o papel das hipóteses na relação teoria/observação e não são apresentados objectivos importantes como o planeamento de experiências e a utilização dos conhecimentos disponíveis dos alunos na elaboração de hipóteses e na definição de critérios segundo que balizarão as observações.

No que diz respeito à dimensão de análise "Relações C/T/S", não se encontram explícitas quaisquer intenções metodológicas. Apenas é dito na "Apresentação" do manual que se tentará "sempre que possível", fazer "ligações com aspectos da vida real". De facto, surgem no final dos capítulos, e desligados do texto principal, alguns textos em que se apresentam algumas aplicações tecnológicas da Ciência ou a explicação de alguns fenómenos com impacto social, com base nos conteúdos expostos ao longo do respectivo capítulo. Alguns títulos destes textos: "Aplicação de catalisadores na indústria"; "A destruição da camada de ozono.Uma reacção catalisada"; "Os alpinistas e o principio de Le Chatelier" ou "O pH e a agricultura".

A História da Ciência está praticamente ausente ao longo de todo o manual. Apenas surgem algumas fotografias de cientistas, com o período em que viveram e algumas notas biográficas, à margem do texto principal.

No manual, as actividades propostas aos alunos, reduzem-se exclusivamente, a exercícios académicos (numéricos ou não); alguns estão resolvidos e surgem sob o título de "Aplicações"; outros são propostos ao longo de cada capítulo, para serem resolvidos pelos alunos, sob o título "Auto-avaliação". No final de cada capítulo, surge uma rubrica intitulada "Verificação e aplicação de conhecimentos" onde se propõem exercícios académicos relativos aos conteúdos tratados na Unidade.

No livro de T.P., são propostos diversos trabalhos experimentais que se destinam, segundo o manual, a "ajudar os alunos a interiorizar os conceitos e a adquirir técnica e destreza no manuseamento do material de laboratório". Estes trabalhos limitam-se a confirmar ou ilustrar afirmações feitas no livro de texto. Todos os trabalhos são apresentados segundo o mesmo esquema: Objectivo → Introdução teórica → Modo de proceder → Registo → Interpretação da experiência.

Este esquema reflecte, de facto, o formato epistemológico defendido no início do manual: Observação → Regularidades → Leis, de cariz empirista/indutivista, até porque, a "Introdução teórica" é um pequeno resumo do que é afirmado no livro de texto, não se fazendo qualquer problematização, anterior ao trabalho experimental.

CAPÍTULO: ÁCIDO-BASE

ESTRUTURA DO CAPÍTULO NO MANUAL

Começa-se com uma pequena introdução, onde é referida a importância do estudo dos ácidos e bases e onde se fala, muito sucintamente, da teoria de ácido-base de R.Boyle, de Arrhenius e se informa o aluno que "das várias teorias que têm sido generalizadas a que será estudada é a teoria protónica ou de Bronsted-Lowry." (p.116). Esta teoria, é aplicada ao longo de todo o capítulo sem que se explique em que consiste.

Apresenta-se de seguida, o conceito de ionização de um ácido, como transferência do ião H^+ para a molécula da água. É de referir que nada é dito sobre o fenómeno de dissociação iónica. Segue-se o conceito de pH e os diferentes métodos usados na sua medição.

A não inclusão de propostas de trabalhos experimentais no livro de texto, deve-se, provavelmente, à existência de um livro de trabalhos práticos. No entanto, não se refere quando e como incluir os trabalhos práticos no decorrer do processo de ensino-aprendizagem. A lógica parece ser a de apresentar os conceitos, leis e teorias aos alunos e confirmá-las com as actividades experimentais propostas no livro de T.P.

O trabalho XXV (p.84, T.P.) - "Caracterização de soluções ácidas e básicas através dos indicadores" e o trabalho XXVI - "Propriedades do cloreto de hidrogénio " (p.88, T.P.), parecem surgir para ilustrar e confirmar o que é apresentado no livro de texto. Assim, os objectivos do trabalho XXV são: "Observar a acção dos iões H_3O^+ e HO^- sobre os indicadores" e os do trabalho XXVI: "Verificar a condutibilidade eléctrica da água desionizada, da sol. aq. de HCl (g) e da sol. em tricloroetano". Todos estes assuntos estão tratados no livro de texto.

A força dos ácidos é apresentada, de forma qualitativa, através do diferente brilho de uma mesma lâmpada acesa, num circuito onde está intercalada uma solução de

HCl (g) e noutra onde existe uma solução de ácido acético, ambas com a mesma concentração. Define-se, de seguida, grau de ionização.

O comportamento das bases é apresentado como oposto ao dos ácidos, sendo aquelas capazes de os neutralizar. A força das bases é ilustrada com a medição do pH de sol. alcalinas, com a mesma concentração.

Apresenta-se de seguida, o conceito de par conjugado de ácido-base e são dados diferentes exemplos de aplicação daquele conceito. No entanto, a teoria dos pares conjugados não é relacionada, em nenhum sítio, com a teoria de Bronsted-Lowry, que o manual diz seguir.

Surge sob o título de "Reacções de ácido-base -neutralização" a discussão da força relativa de um ácido e da sua base conjugada (p.127), o que não se entende, até porque esse título surge novamente na pág.148. A força dos ácidos e bases é, em seguida, abordada de forma quantitativa, através da definição das constantes de acidez e de basicidade.

Seguem-se 4 páginas de problemas numéricos resolvidos. Aborda-se a ionização de ácidos polipróticos e apresenta-se um problema resolvido sobre a protólise do H_2S (aq.), de nível de dificuldade elevado, para este nível de ensino.

A auto-ionização da água e a definição de produto iónico da água, são introduzidos a partir da informação da condutibilidade eléctrica da água pura.

Surge, em seguida, um subcapítulo intitulado "O CO_2 e a água do mar", em que se analisam os equilíbrios químicos responsáveis pela manutenção do pH da água do mar e pela precipitação do carbonato de cálcio, originando os corais.

É de referir que este assunto surge, sem que seja feita qualquer problematização, que o relacione com o que estava a ser apresentado.

Propõe-se uma experiência, em que se adiciona neve carbónica a uma solução saturada de hidróxido de cálcio. Referem-se os equilíbrios responsáveis pela precipitação do carbonato de cálcio e pela sua dissolução quando a concentração de dióxido de carbono é muito elevada. No entanto, a experiência surge sem que se dê qualquer explicação do porquê da sua realização, no sentido de a relacionar com o equilíbrio do carbonato de cálcio na água do mar, que estava a ser apresentado.

Aliás, todo este subcapítulo, aparece desenquadrado do que tinha sido apresentado anteriormente. Aborda-se, em seguida, o carácter das soluções de substâncias que não contêm hidrogénio, nem o grupo HO, e dos sais.

As reacções de neutralização e as titulações são abordadas, a seguir. Surgem 3 páginas de problemas numéricos resolvidos, com base em reacções de neutralização. Sob o título "Experiência" (p.152), são apresentados valores numéricos referentes à titulação de uma sol. de hidróxido de sódio por uma sol. de cloreto de hidrogénio. A dita "experiência" transforma-se, através do pedido de alguns cálculos, num problema numérico resolvido.

O capítulo termina com alguns textos, onde se referem aplicações dos conceitos e leis, apresentados ao longo do capítulo. Os títulos são: "O pH e a Biologia", "O pH e a agricultura", "Chuvas ácidas", "Os antiácidos e o equilíbrio do pH no estômago", "A aspirina e os danos que provoca na mucosa do estômago" e "As chuvas ácidas e o planeta Vénus".

Finaliza-se o Capítulo com a rubrica "Verificação e aplicação de conhecimentos" onde, ao longo de 5 páginas, se propõem aos alunos exercícios académicos, na sua maioria problemas numéricos fechados, seguindo-se as respectivas soluções.

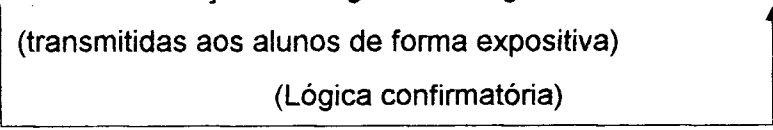
Nos quadros 4, 5 e 6, apresentam-se os resultados da análise para o capítulo de ácido-base do manual ME 2, nas três dimensões em estudo.

QUADRO 4

DIMENSÃO DE ANÁLISE: METODOLOGIA DA CIÊNCIA (MC)

CAPITULO: ÁCIDO-BASE

MANUAL: ME 2

CATEGORIA	RESULTADOS DA ANÁLISE
<p data-bbox="176 612 248 642">MC 1</p> <p data-bbox="176 750 346 821">MÉTODO CIENTÍFICO</p>	<p data-bbox="419 534 1396 1504">No texto, as leis e teorias de ácido-base são apresentadas aos alunos de uma forma académica, não sendo propostas quase nenhuma actividades experimentais. Como existe um livro de Trabalhos práticos, subteme-se que o professor que o utilizar, escolherá a altura conveniente para introduzir os trabalhos experimentais propostos. Como os objectivos dos trabalhos práticos, segundo o manual, são: "Verificar leis, observar fenómenos, estabelecer relações entre grandezas, interpretar resultados e tirar conclusões" (Livro de T.P., Apresentação), a metodologia que parece ser proposta, é a de tratar os conteúdos de ácido-base e usar, posteriormente, os trabalhos práticos para confirmar e ilustrar o que é afirmado no livro de texto. O formato dos Trabalhos Práticos propostos, parece confirmar as posições empiristas/indutivistas defendidas no início do livro de texto. Assim, todos os trabalhos partem da observação de fenómenos, seguindo-se o registo do que é observado e acabam com uma rubrica intitulada "Interpretação da Experiência". No entanto, as leis não são estabelecidas por via indutiva pois, segundo o livro de T.P., pretende-se que os alunos as verifiquem. Ou seja, o esquema Observação → Registo → Regularidades → Leis, encontra-se à partida "falseado" pois as leis são estabelecidas previamente, limitando-se os alunos a confirmá-las através dos trabalhos propostos. O livro de texto e de T.P., apenas propõem aos alunos dois tipos de actividades: exercícios académicos e problemas numéricos fechados ou os trabalhos práticos já referidos. Não são propostas, neste capítulo, actividades diversificadas como por exemplo, o planeamento de experiências, a recolha de materiais, organização de informação, pesquisa bibliográfica ou interpretação de textos científicos.</p> <p data-bbox="419 1526 1396 1597">Parece poder concluir-se que o manual não valoriza o pluralismo metodológico na apresentação das leis e teorias de ácido-base.</p> <p data-bbox="419 1619 1396 1726">A análise deste capítulo, parece indiciar que o manual, embora defenda um esquema epistemológico do tipo OHERIC, como "método científico", não o aplica, de facto. Em termos didácticos, o esquema parece ser:</p> <p data-bbox="419 1748 1297 1780">Leis → Observação → Registo → Regularidades → Conclusões</p> <div data-bbox="438 1780 1209 1910" style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin-top: 10px;"> <p data-bbox="452 1802 1057 1834">(transmitidas aos alunos de forma expositiva)</p> <p data-bbox="707 1856 998 1888">(Lógica confirmatória)</p>  </div>

DIMENSÃO DE ANÁLISE: MC

CAPITULO: ÁCIDO-BASE

MANUAL: ME 2

CATEGORIA	RESULTADOS DA ANÁLISE
<p>MC 2</p> <p>RELAÇÃO</p> <p>TEORIA /</p> <p>OBSERVAÇÃO</p>	<p>O livro de T.P., põe a ênfase na recolha e organização de "dados" da experiência e na "descoberta" de regularidades. Porém, as leis são apresentadas previamente aos alunos, quer no livro de texto, quer na "Introdução" dos trabalhos práticos. O papel das hipóteses, na relação entre teoria e observação, está completamente ausente nos dois livros. Não são propostas quaisquer actividades que permitam aos alunos elaborar hipóteses, com base nos seus conhecimentos disponíveis. As observações surgem sem que o manual esclareça os critérios tidos em conta na sua relevância. A relação teoria/observação parece ser:</p> <p>Leis/teorias → Observação → Confirmação das leis/teorias</p> <p>(Lógica confirmatória aliada a concepções empiristas/indutivistas sobre o papel da observação)</p>
<p>MC 3</p> <p>PAPEL DO</p> <p>TRABALHO</p> <p>EXPERIMENTAL</p>	<p>O papel do trabalho experimental, para este manual, parece ser o de confirmar e ilustrar o que é afirmado no livro de texto. De facto, os objectivos dos trabalhos práticos, do capítulo ácido-base, são ilucidativos: "Verificar a acção dos iões H_3O^+ sobre os indicadores"; "Verificar a condutibilidade eléctrica da água desionizada, da sol. aq. de cloreto de hidrogénio e da sua sol. em tricloroetano"; "Comparar os valores de pH de um ácido e de uma base com a diluição" (p.84-93, T.P.)</p> <p>No livro de texto, surgem duas experiências sem que se esclareça o porquê da sua realização e sem que seja feita a ligação com o texto, através da análise crítica dos resultados. É o caso da "Experiência" da pág.143; o objectivo parece ser o de exemplificar equilíbrios semelhantes aos que se processam na água do mar. No entanto, não é feita qualquer introdução a esta experiência, nem se relacionam os resultados com os equilíbrios que estavam a ser apresentados. O mesmo se passa na pág. 152, onde sob o simples título de "Experiência" é proposto aos alunos, e resolvido pelo manual, um problema numérico relativo à neutralização de uma sol. de hidróxido de sódio com uma sol. de cloreto de hidrogénio.</p> <p>Parece poder concluir-se, que as experiências propostas aos alunos não são precedidas de qualquer problematização, a avaliação crítica dos resultados é falseada, pois não se tem em conta o papel das hipóteses. Quando no final dos Trabalhos Práticos se pergunta: "Explique o que se observou" ou "Tire conclusões", sem que se tenham mencionado as hipóteses de trabalho tidas em conta, os alunos só poderão reafirmar ou confirmar o que de antemão já lhes tinha sido dito.</p>

QUADRO 5

DIMENSÃO DE ANÁLISE: RELAÇÕES C/T/S (CTS)

CAPITULO: ÁCIDO-BASE

MANUAL: ME 2

CATEGORIA	RESULTADOS DA ANÁLISE
<p>CTS 1</p> <p>CONTEXTOS NA APRESENTAÇÃO DOS TEMAS</p>	<p>A abordagem do tema ácido-base, é feita, predominantemente, de uma forma acadêmica/disciplinar. Apenas no final do capítulo, surgem alguns textos, à parte do desenvolvimento do tema, em que se pretende fazer uma " ligação com aspectos da vida real", como é dito na apresentação do manual. Nunca se implicam os alunos em problemas sociais e tecnológicos, nem se põe a ênfase nas implicações sociais da Ciência/Tecnologia e vice-versa.</p> <p>Parece poder concluir-se, que o manual apresenta as leis e teorias de ácido-base como valendo por si, não sendo apresentadas num contexto com relevância social e tecnológica</p>
<p>CTS 2</p> <p>CIÊNCIA/ TECNOLOGIA E PROGRESSO SOCIAL</p>	<p>SEM ELEMENTOS</p>
<p>CTS3</p> <p>RELAÇÃO ENTRE CIÊNCIA E TECNOLOGIA</p>	<p>O manual apresenta , no final do capítulo, os seguintes textos: "O pH e a Biologia", "O pH e a agricultura", "Chuvas ácidas", "Os antiácidos e o equilíbrio do pH no estômago", "A aspirina e os danos que provoca na mucosa do estômago" e "As chuvas ácidas e o planeta Vénus". Nestes textos, o manual apresenta os equilíbrios de ácido-base relevantes para a explicação científica dos fenómenos referidos.</p> <p>Nunca se parte de problemas sociais ou tecnológicos para introduzir leis e conceitos de ácido-base.</p> <p>Parece poder concluir-se, que o manual apresenta algumas aplicações tecnológicas da ciência, mas à parte do texto principal e, portanto, fora do desenvolvimento do tema.</p> <p>Dado que, nos textos referidos, apenas é feito um tratamento teórico dos mesmos, podemos concluir que as complexas relações entre C/T e a sociedade e, entre esta e a C/T, estão praticamente ausentes.</p>

QUADRO 6

DIMENSÃO DE ANÁLISE: HISTÓRIA DA CIÊNCIA (HC)

CAPITULO: ÁCIDO-BASE

MANUAL: ME 2

CATEGORIA	RESULTADOS DA ANÁLISE
<p>HC 1 EVOLUÇÃO HISTÓRICA</p>	<p>A história da ciência, está apenas presente na introdução ao capítulo, onde se faz referência, de forma muito sucinta, às teorias de ácido-base de Boyle, Arrhenius e Bronsted-Lowry. Aliás, esta última é apenas nomeada como sendo "a que será estudada" (p.116) , sem que, ao longo do capítulo, se explique em que consiste. À margem do texto principal, são referidos os períodos em que viveram alguns cientistas, mas sem quaisquer dados biográficos. A afirmação "Com o decorrer do tempo, os conceitos de ácido e de base foram sendo ampliados"(p.116), parece indiciar uma concepção cumulativa da construção do conhecimento Científico.</p> <p>Nunca se apresenta aos alunos a evolução de conceitos ou teorias de ácido-base, evolução não linear em que o papel da controvérsia é muito importante, nem é referido o papel da comunidade científica na construção e validação do conhecimento científico.</p> <p>Parece poder concluir-se que a história da ciência está praticamente ausente, neste capítulo.</p>
<p>HC 2 PAPEL DOS CIENTISTAS E DA COMUNIDADE CIENTÍFICA</p>	<p>SEM ELEMENTOS</p>

2.2 MANUAL : ME4

ANÁLISE DAS MENSAGENS EXPLÍCITAS

Neste manual, existem poucas mensagens explícitas relativamente a concepções sobre a natureza da ciência e da construção do conhecimento científico.

Na introdução refere-se que: "Inserem-se leituras que mostram a estreita relação da Química com o mundo em que vivemos (o mundo real)". De facto, todos os 4 capítulos do livro terminam com uma rubrica designada "A Química e o Mundo Real". Estas rubricas incluem algumas aplicações industriais da Química. O capítulo 1 - "A Quantidade em Química", a rubrica é designada "A Química e a Sociedade"; no capítulo 2- "A Velocidade das reacções ", é designada "Adubos azotados e o prémio Nobel da Química" e "Os conversores catalíticos de automóveis"; o capítulo 3 "Equilíbrio Químico", a rubrica designa-se "Diamantes artificiais" e o capítulo 4 "Reacções de Ácido-Base", designa-se "A Poluição Ácida e as soluções em estudo". Estas rubricas aparecem desligadas do texto principal do manual e, no caso do capítulo 1, não têm nada a ver com os assuntos tratados no respectivo capítulo.

O desenvolvimento dos temas, nos diferentes capítulos, é feito de uma forma académica/disciplinar, em que conceitos, leis e teorias científicas são apresentados de forma descontextualizada. Assim, apenas se detectam algumas ideias sobre a natureza da ciência, em algumas rubricas "A Química e o Mundo Real".

No 1º capítulo, quando se fala na degradação do ambiente o manual refere: "Mais uma vez serão os químicos chamados a resolver estes problemas, detectando e quantificando a poluição, inventando métodos para a combater, modificando os processos de fabrico, produzindo materiais recicláveis e biodegradáveis"(p.80). No capítulo 2, e a propósito da poluição atmosférica refere-se:"Que se poderá fazer? Mais uma vez os químicos terão um papel fulcral na descoberta das soluções para estes terríveis problemas" (p.121).

Põe-se, assim, a ênfase nas capacidades, quase ilimitadas, dos químicos resolverem os problemas ambientais, e não nos problemas políticos e sociais que se levantam, aos quais eles não se podem alhear.

Em relação ao uso da História da Ciência (HC), o manual apresenta, no início de todos os 4 capítulos, duas "caixas" com biografias resumidas de cientistas, desligadas do desenvolvimento do tema em cada um deles.

Assim, parece poder concluir-se que, neste manual, a HC aparece de forma factual ou episódica.

CAPÍTULO: ÁCIDO-BASE

ESTRUTURA DO CAPÍTULO NO MANUAL

Começa-se pela definição de electrólito e recorda-se que, em solução aquosa, os iões são responsáveis pela condutibilidade eléctrica das soluções. Propõe-se em seguida, uma experiência onde se analisa as propriedades das soluções de HCl (g), em água e em tricloroetano. (p.163-165).

Constata-se a condutibilidade eléctrica da sol. aq. de cloreto de hidrogénio, e a não condutibilidade da sol. em tricloroetano. Conclui-se que o HCl se ionizou na água e não no tricloroetano. Utiliza-se um circuito eléctrico, com uma lâmpada e um miliamperímetro, para distinguir electrólitos fortes e fracos, a partir da condutibilidade eléctrica das respectivas soluções (p.166).

Apona-se a seguir, a importância da água como solvente, na dissociação ou ionização das substâncias. Propõe-se de seguida um experiência, onde um fio de água é desviado por um objecto de plástico electrizado por fricção. A partir desta experiência, deduz-se o carácter polar da molécula de água e o seu papel na separação dos iões nos compostos iónicos. Refere-se, numa "caixa" à parte do texto, a teoria de dissociação electrolítica de Arrhenius.

Apresenta-se de seguida, a teoria protónica de Bronsted-Lowry, definindo-se ácido como uma espécie dadora de iões H^+ . Refere-se, numa "caixa" à parte do texto, o papel do ião H^+ em sol. aq., indicando-se a sua hidratação.

Apresenta-se o conceito de pH e propõem-se alguns exercícios académicos, de cálculo do pH de soluções.

A distinção entre ácidos fortes e fracos, é feita a partir da definição de grau de dissociação.

Faz-se uma caracterização qualitativa do equilíbrio ácido-base, usando a teoria dos pares conjugados e apresentam-se diversos exemplos de equações químicas, onde é aplicada a referida teoria.

Define-se espécie anfiprótica, e propõe-se uma experiência (p.181), onde se confirma que o hidróxido de alumínio pode funcionar quer como ácido, quer como base.

Refere-se a autoionização da água e define-se o respectivo produto iónico, indicando-se alguns processos laboratoriais de medição do pH.

Surgem a seguir alguns exercícios numéricos resolvidos e discutidos (p.187-188). Dão-se exemplos de ácidos polipróticos. Aparece, em seguida, um subcapítulo intitulado "Chuvas Ácidas: o Planeta ameaçado" (p.191), onde se refere a origem das chuvas ácidas e algumas das suas consequências. Apresenta-se, a seguir, o comportamento ácido-base de soluções de sais e discutem-se alguns exemplos.

As reacções de neutralização surgem como reacções entre um ácido e uma base. Discutem-se 3 exemplos, para mostrar(teoricamente) que a solução resultante pode ser neutra, ácida ou alcalina. Mostra-se também o interesse da neutralização no laboratório, na preparação de sais e na determinação da concentração de uma solução.

Sob o título "Interesse da neutralização na vida prática", dão-se exemplos do papel da neutralização na Biologia, Agricultura(pH dos solos), na indústria e a propósito de fenómenos, como a picada das abelhas e o uso de pastas dentrificas alcalinas.

Apresentam-se em seguida 12 exercícios resolvidos, de cálculos de pH de soluções e 7 exercícios não resolvidos. Sob o título "Exercícios de revisão", propõe-se aos alunos 30 exercícios académicos, alguns resolvidos e outros não.

O capítulo termina com a rubrica "A Química e o Mundo Real" cujo título é "A poluição ácida e as soluções em estudo".

No final surge uma rubrica intitulada "Passatempo" com palavras cruzadas, onde aparecem alguns termos apresentados ao longo do capítulo.

Pode concluir-se, que a estrutura do tema neste manual, segue de perto os objectivos de conteúdo e as propostas metodológicas do Programa Oficial.

Nos quadros 7, 8 e 9, apresentam-se os resultados da análise para o capítulo ácido-base do manual ME 4, nas três dimensões em estudo.

QUADRO 7

DIMENSÃO DE ANÁLISE: METODOLOGIA DA CIÊNCIA (MC)

CAPITULO: ÁCIDO-BASE

MANUAL: ME4

CATEGORIA	RESULTADOS DA ANÁLISE
<p>MC 1 MÉTODO CIENTÍFICO</p>	<p>Não se pode concluir que o manual apresente o método científico como a simples aplicação de um algoritmo. São propostas aos alunos a realização de experiências, como o estudo das propriedades das soluções de cloreto de hidrogénio em água e em tricloroetano (p.163-165), da condutibilidade eléctrica de electrólitos fortes e fracos (p.166), a confirmação do carácter anfotérico do hidróxido de alumínio (p.181) e a preparação de um sal a partir de um ácido e de um hidróxido (p.200). As outras actividades, propostas aos alunos, resumem-se exclusivamente à realização de exercícios académicos (na sua maioria numéricos e fechados), no final de cada subcapítulo e no final da Unidade. Alguns textos, como por exemplo sobre as chuvas ácidas, o interesse da neutralização na vida prática e a rubrica "A Química e o mundo real", parecem ser de leitura facultativa para os alunos, já que aparecem desinseridos da apresentação dos conceitos e teorias de ácido-base.</p> <p>Assim, parece poder concluir-se, que o manual não valoriza o pluralismo metodológico, já que não propõe actividades de planeamento de experiências, recolha de materiais e organização de informação, pesquisa bibliográfica ou interpretação de textos de índole científica.</p>
<p>MC2 RELAÇÃO TEORIA/OBSERVAÇÃO</p>	<p>Depois de definir electrólito e de explicar a condutibilidade eléctrica das soluções com a presença de iões, o manual informa que o cloreto de hidrogénio é um composto molecular e não iónico. A pergunta "Acontecerá o mesmo na sua solução aquosa ?" precede a experiência da pág.163, onde se comparam as características das soluções de cloreto de hidrogénio em água e em tricloroetano. Apresentam-se, neste caso, os pressupostos de que se parte para a realização da experiência (confirmar ou não a condutibilidade eléctrica das soluções). No entanto, a hipótese de trabalho podia ser melhor clarificada e não se restringir a uma simples pergunta. Já o mesmo não se passa com os ensaios relativos à adição de zinco em pó e de carbonato de sódio às soluções de cloreto de hidrogénio .</p> <p>Em relação à introdução dos conceitos de electrólito forte e fraco (p.166), as hipóteses de trabalho, tidas em conta, não são esclarecidas. A observação da boa ou má condutibilidade eléctrica das soluções, não é antecedida da hipótese de poderem ocorrer diferentes graus de dissociação.</p> <p>As experiências da pág. 181 e 200, têm um carácter meramente confirmatório.</p> <p>Não se pode concluir, que o manual apresenta as teorias como generalizações de enunciados observacionais. No entanto, nem sempre se clarificam as hipóteses de que se parte, para as observações solicitadas aos alunos.</p> <p>Não são propostas quaisquer actividades que permitam aos alunos elaborar hipóteses, com base nos seus conhecimentos disponíveis.</p>

DIMENSÃO DE ANÁLISE: MC

CAPITULO: ÁCIDO-BASE

MANUAL: ME4

<p>MC3</p> <p>PAPEL DO TRABALHO EXPERIMENTAL</p>	<p>Se, em relação à experiência da p.163 (sol.aq. de HCl(g) e sol. de HCl(g) em tricloroetano), pode detectar-se alguma problematização teórica, embora pouco clara, as experiências das págs.167 e 181 não são precedidas de qualquer problematização. Digamos que são experiências "para ver", já que surgem sem que se esclareça o porquê da sua realização. Na pág.167, a intenção parece ser a de confirmar, o que se afirma anteriormente, a respeito do carácter polar da molécula de água. A da pág.181, parece ter como objectivo confirmar a existência de espécies químicas anfotéricas, definidas anteriormente.</p> <p>Há indícios de empirismo, isto é, de que se parte da observação para a teoria quando se afirma: "Esta (e outras experiências) mostram que..." p.166) ou "Esta experiência mostra que as moléculas de água são dipolos" (p.167).</p> <p>Parece poder concluir-se que, neste capítulo, as experiências nem sempre são precedidas da formulação de um problema, as hipóteses de trabalho nem sempre são clarificadas e as experiências surgem, por vezes, sem que se esclareça o porquê da sua realização.</p> <p>Algumas experiências são apresentadas segundo uma lógica confirmatória.</p>
--	--

QUADRO 8

DIMENSÃO DE ANÁLISE: RELAÇÕES CIÊNCIA/TECNOLOGIA/SOCIEDADE (CTS)
CAPITULO: ÁCIDO-BASE
MANUAL: ME4

CATEGORIA	RESULTADOS DA ANÁLISE
<p>CTS 1 CONTEXTOS NA APRESENTAÇÃO DOS TEMAS</p>	<p>A única implicação social da Ciência/Tecnologia abordada, é o caso das chuvas ácidas, na pág.191 e na rubrica "A Química e o mundo real" (p.219). O ponto 4.3 - "Interesse da neutralização na vida prática" (p.202), pretende fazer a ligação do conceito de neutralização ao dia-a-dia do aluno. No entanto, este subcapítulo aparece desligado do desenvolvimento dos conceitos e teorias, apresentadas anteriormente.</p> <p>Não se implicam os alunos em problemas sociais e tecnológicos da actualidade, relacionados com o tema, através de actividades que suscitem a expressão das suas opiniões fundamentadas. Depois de apresentar a teoria de Bronsted-Lowry, tudo o resto é estabelecido por via teórica.</p> <p>Parece poder concluir-se que o manual apresenta os conceitos , leis e teorias, como valendo por si, sendo dominante uma perspectiva académica/disciplinar.</p>
<p>CTS2 CIÊNCIA / TECNOLOGIA E PROGRESSO SOCIAL</p>	<p>Embora as referências, neste capítulo, ao papel da Ciência e Tecnologia no progresso social sejam escassas, o manual não parece encará-las como factor absoluto de progresso. Na rubrica "A Química e o mundo real", o manual chama a atenção para as limitações do combate à poluição e para a necessidade de criar uma corrente de opinião que pressione os governos a tomar medidas. Diz-se: "Para muita gente, a degradação do ambiente é inaceitável e luta-se cada vez mais por um melhor resultado no combate à poluição" p.222).Chama também a atenção para o importante papel dos químicos: "Com a ajuda dos químicos, os rios podem ser completamente recuperados.."(p.193, fig.21).</p>
<p>CTS3 RELAÇÃO ENTRE CIÊNCIA E TECNOLOGIA</p>	<p>O manual apresenta, neste capítulo, aplicações tecnológicas de alguns aspectos da Química. Por exemplo, no ponto 4.3 -"Interesse da neutralização na vida prática" e na rubrica "A Química no mundo real", onde se apontam, sob o título "As soluções para melhorar o ambiente", algumas soluções tecnológicas que os químicos propõem.</p> <p>Porém, nunca se parte de problemas tecnológicos para introduzir conceitos, leis ou teorias científicas.</p>

QUADRO 9

DIMENSÃO DE ANÁLISE: HISTÓRIA DA CIÊNCIA (HC)

CAPITULO: ÁCIDO-BASE

MANUAL: ME4

CATEGORIA	RESULTADOS DA ANÁLISE
<p>HC1</p> <p>EVOLUÇÃO HISTÓRICA</p>	<p>A utilização da HC é feita com carácter meramente factual, ao longo do texto e em duas "caixas" no início do capítulo, com biografias resumidas de Arrhenius e de Bronsted. Ao longo do texto, apenas se referem os químicos Bronsted e Lowry (p.169) e o bioquímico Sorensen.</p> <p>É apresentada a teoria de dissociação electrolítica de Arrhenius, numa "caixa" à parte do texto principal, mas não se explicam as limitações da teoria de Arrhenius, que ajuda a dar significado ao surgimento de outras teorias como a de Bronsted-Lowry. Esta teoria pode aparecer, para os alunos, como a "verdadeira".</p> <p>Parece poder concluir-se, que o manual, neste capítulo, não utiliza a HC para mostrar a evolução dos conceitos de ácido-base. Não aproveita qualquer período de controvérsia científica, para mostrar como as teorias de ácido-base foram construídas, e em que ambiente histórico e cultural se inseriam.</p>
HC2	SEM ELEMENTOS

2.3 MANUAL: ME 12

ANÁLISE DAS MENSAGENS EXPLÍCITAS

O manual começa com um capítulo 0, de 34 páginas, onde se desenvolvem períodos importantes da História da Química - Boyle e a teoria corpuscular, a química do oxigénio e o flogisto e a teoria atômica. Apresentam-se, também, aspectos importantes da química (cap.04) e a sua importância social e tecnológica (cap.05).

Este capítulo, assim como a introdução ao Manual de Actividades (M.A.), é rico em mensagens sobre a natureza da Ciência. Tendo em conta as 3 Dimensões de análise, destacam-se as seguintes:

Metodologia da Ciência

1. "Mas a teoria e a experiência andam sempre associadas: uma observação não terá qualquer significado se não existir uma base teórica que a suporte" (p.29, manual)
2. " Embora a Ciência, em geral, e a Química em particular, assentem na resolução de problemas, isso não nos deve limitar em levantar questões, mesmo onde esses problemas foram realizados com sucesso" (p.35, manual)
3. "As teorias científicas têm um carácter provisório e as suas formulações não dependem de um só método. Na elaboração das hipóteses intervêm vários factores que são sempre sujeitos a verificação e eventual refutação." (p.35, manual)
4. "Na verdade, o investigador, no plano da observação, "espera" já determinados resultados deduzidos a partir de pressupostos teóricos" (p.5, M.A.)

5. "Porém, quer o resultado seja idêntico ou não concordante com o esperado, inicie sempre uma discussão. Questione com os seus colegas e com o(a) professor(a) os resultados das experiências... Não nos devemos limitar a ver e a registar indiferentemente o que se observa". (p.5, M.A.)

Relações C/T/S

6. "A Química constitui fonte de bem estar social, se for utilizada com critério (há também um lado negativo, podendo, se for mal aplicada, provocar desequilíbrios ecológicos, pondo assim em risco a própria sobrevivência do Homem) e ao mesmo tempo dar-nos satisfação e realização profissional" (p.7, manual)

7. "Embora os químicos e os engenheiros químicos e de áreas afins dediquem a maior parte do tempo da sua formação ao estudo da Química básica e da tecnologia, o profissional de Química tem, frequentemente, de ir mais longe - deve conhecer todo o complexo económico e factores socio-políticos que afectam a aplicação da técnica e do empreendimento científico... Terá de estar consciente dos impactos ambientais de modo a que o desenvolvimento tecnológico possa ser compatível com o melhoramento da qualidade de vida e maior equilíbrio social, não conduzindo a situações difíceis..." (p.34-35, manual)

História da Ciência

8. " a Química é, por excelência, uma ciência de grupo, de verdadeira partilha de conhecimentos" (p.28, manual)

9. " A Química, como parte da Ciência, é um corpo crescente de conhecimentos e modo de ver o mundo, em que as ideias científicas, as leis e as teorias são vulneráveis, sujeitas a correcções e aperfeiçoamentos contínuos" (p.35, manual)

10. "Contrariamente à imagem do cientista como individuo isolado trabalhando no seu laboratório, o investigador, hoje em dia, encontra-se quase sempre em contacto com outros investigadores da sua área científica..." (p.35, manual).

O manual propõe aos alunos (p.9) uma metodologia de trabalho que põe a ênfase na "identificação e compreensão das ideias" na resolução de questões e na realização de observações relevantes.

Estas mensagens explícitas, quer no manual quer no M.A., estão próximas de uma perspectiva racionalista/construtivista. O modo como elas são traduzidas em propostas didácticas (textos, actividades, problemas, etc.) será analisado no capítulo de ácido-base, mais à frente.

MANUAL: ME 12

CAPITULO: ÁCIDO-BASE

ESTRUTURA DO CAPÍTULO NO MANUAL

Parte-se da definição operacional de ácido e base, através do uso de indicadores e refere-se a escala de pH (p.147-150). Em resposta à pergunta "Qual é a importância do solvente numa solução ácida?", apresenta-se o diferente comportamento do HCl(g) em solução aquosa e em tolueno (p.151). A teoria usada para explicar este diferente comportamento é a teoria protónica, sem que isso seja referido. Em seguida, explica-se o carácter básico de uma solução, devido à presença de iões HO^- . Usa-se, neste caso, a teoria de Arrhenius, sem que isso seja referido.

Apresenta-se em seguida o conceito de pH e o modo de o calcular. A força relativa de ácidos é explicada a seguir, pela extensão das respectivas hidrólises. Define-se

constante de acidez(K_a), numa "caixa" à parte do texto principal. Define-se a seguir, ácido e base, usando a teoria protónica, sem que isso seja referido explicitamente. Esta teoria, surge como uma nova interpretação da reacção do HCl(g) com a água: "Consideremos novamente a reacção do cloreto de hidrogénio e a água... esta reacção pode ser interpretada do seguinte modo..." (p.159).

A referência à teoria de Bronsted-Lowry, designada por teoria dos pares conjugados, é feita mais à frente (p.163), numa "caixa" à parte do texto principal. Esta teoria é aplicada na interpretação do comportamento de certas substâncias em solução aquosa. Estas reacções não surgem de qualquer actividade experimental descrita ou proposta pelo manual. Este limita-se a constatar o comportamento daquelas substâncias, como factos adquiridos. É o caso da reacção do amoníaco com água (p.161), dos ácidos polipróticos (p.162), da autoionização da água (p.165) e do comportamento de alguns sais em solução aquosa (p.168).

Apresentam-se em seguida, as reacções de neutralização e as titulações de ácido-base. O manual termina o capítulo com dois textos sobre os trabalhos de Linus Pauling e Roald Hoffmann.

No Manual de Actividades são propostas aos alunos diferentes actividades, que vão desde a realização de experiências (p.109, 110, 117, 118), à aplicação de teorias ou modelos (p.111), a cálculos de pH (p.114) até à leitura e interpretação de textos de índole científica (p.119-120).

As experiências propostas têm o seguinte formato: faz-se um resumo dos conceitos e teorias, apresentadas no livro de texto ("As Ideias"), segue-se o procedimento para a realização das experiências ("Como proceder") e no final surgem perguntas aos alunos e/ou a realização de cálculos ("Analisar e concluir").

Nos quadros 10, 11 e 12, apresentam-se os resultados da análise para o capítulo ácido-base do manual ME 12, nas dimensões em estudo.

QUADRO 10

DIMENSÃO DE ANÁLISE : METODOLOGIA DA CIÊNCIA (MC)

CAPITULO: ÁCIDO-BASE

MANUAL ME 12

CATEGORIA	RESULTADOS DA ANÁLISE
<p>MC 1</p> <p>MÉTODO CIENTÍFICO</p>	<p>A análise deste capítulo do manual, não parece indiciar que se siga sempre o mesmo conjunto de "passos", para introduzir conceitos e teorias de ácido-base.</p> <p>Se o papel do solvente, nas características ácidas duma solução, é apresentado através da observação do comportamento do HCl(g) em água e no tolueno, já a teoria de Bronsted-Lowry (pares conjugados), é apresentada como uma nova interpretação da reacção do cloreto de hidrogénio com a água. No entanto, o manual não explica o porquê do abandono da teoria de Arrhenius e a necessidade de adoptar a teoria dos pares conjugados. Sendo esta teoria utilizada ao longo de todo o capítulo, poderá surgir aos alunos como a única e "verdadeira".</p> <p>Surgem algumas actividades , para os alunos, diferentes dos clássicos "exercícios". É o caso da actividade "Chuvas Ácidas - um problema global" (p.111, M.A.), em que se apresenta um modelo interpretativo da formação das chuvas ácidas e se pede aos alunos para o aplicar ao caso dos óxidos de azoto. É o caso, também, do texto "Linus Pauling e a descoberta da estrutura do ADN, a molécula da vida" (p.119, M.A.), em que se propõe a leitura , em casa, de dois livros de índole científica, e se pede para "analisar o problema da prioridade da descoberta e a partilha de conhecimentos entre equipas de investigação que trabalham nos mesmos assuntos científicos". É o caso, também, da proposta de análise do poema "Lição sobre a água", de António Gedeão, que o manual apresenta como um exemplo de como "o conhecimento científico e a concepção poética se fundem no mesmo acto de escrita" (p.120, M.A.).</p> <p>Porém, não se inclui o planeamento de experiências por parte dos alunos. As experiências propostas seguem sempre uma lógica confirmatória, em que os alunos confirmam leis e teorias expostas no livro de texto.</p> <p>Parece poder concluir-se que este manual , neste capítulo, não valoriza o pluralismo metodológico.</p>

DIMENSÃO DE ANÁLISE : MC

CAPITULO: ÁCIDO-BASE

MANUAL ME 12

CATEGORIA	RESULTADOS DA ANÁLISE
<p>MC 2</p> <p>RELAÇÃO TEORIA / OBSERVAÇÃO</p>	<p>Não se pode concluir que, neste capítulo, se parta da observação atenta, completa e desinteressada dos fenómenos, para estabelecer as teorias de ácido-base, nem que estas surjam como meras generalizações de enunciados observacionais.</p> <p>No entanto, na observação do carácter ácido da sol. aq. de cloreto de hidrogénio (p.151), o manual apresenta aos alunos os factos observados que vão apoiar a teoria , ao dizer: "Esta experiência sugere que as propriedades ácidas do cloreto de hidrogénio dependem do solvente". Este procedimento é seguido noutras partes do capítulo. Assim: "Se testarmos a condutibilidade eléctrica... este facto mostra-nos que...se formam iões"(p.151); ou "Quando se adiciona uma solução básica a uma solução ácida, o carácter ácido diminui e pode anular-se...uma solução básica deve ter iões que diminuam a concentração destes iões hidrónio" (p.153); ou "A condutibilidade eléctrica da água nunca se anula completamente. Este facto só pode ser devido à presença de iões" (p.165).</p> <p>Parece poder concluir-se que não são clarificadas as hipóteses tidas em conta, quando se apresentam os aspectos a observar. Ou seja, o livro de texto parte de aspectos observados (não pelo aluno, pois as experiências são descritas e não realizadas, e há factos observados que são apenas dados a conhecer ao aluno) que são relevantes para corroborar uma dada teoria, sem se explicar ao aluno o porquê da sua relevância.</p> <p>Parece poder concluir-se que, neste capítulo, o manual dá pouca importância ao papel das hipóteses na relação teoria/observação e, muito menos, incentiva os alunos a elaborar essas hipóteses com base nos seus conhecimentos.</p>

DIMENSÃO DE ANÁLISE: MC

CAPITULO: ÁCIDO-BASE

MANUAL: ME 12

CATEGORIA	RESULTADOS DA ANÁLISE
<p data-bbox="198 612 270 642">MC 3</p> <p data-bbox="198 745 428 845">PAPEL DO TRABALHO EXPERIMENTAL</p>	<p data-bbox="464 508 1428 577">A problematização, anterior à realização ou descrição das experiências, ou não existe, ou limita-se à formulação de perguntas que servem de título:</p> <p data-bbox="464 599 976 629">"A que é devido o carácter ácido?" (p.151)</p> <p data-bbox="464 655 1217 685">"Qual a importância do solvente numa solução ácida?" (p.151)</p> <p data-bbox="464 711 1188 741">"A que é devido o carácter básico de uma solução?" (p.153)</p> <p data-bbox="464 767 1428 965">As reacções de neutralização (p.170) ou as titulações de ácido-base (p.172), não são precedidas de qualquer problematização. Não há também qualquer problematização a anteceder as experiências propostas no M.A.. Este limita-se a pretender confirmar as "Ideias" (resumos da teoria apresentada no livro de texto).</p> <p data-bbox="464 991 1428 1060">As experiências (ou a referência a factos experimentais), parecem surgir no sentido de confirmar afirmações feitas ou de apoiar as que se fazem a seguir.</p> <p data-bbox="464 1108 1428 1284">Por exemplo: "A experiência confirma que na água se encontram sempre pequenas quantidades de iões H_3O^+ e HO^-" (p.165); ou "Se testarmos a condutibilidade eléctrica da solução de $HCl(g)$... este facto mostra-nos que..." (p.151).</p> <p data-bbox="464 1317 1428 1494">Não se incentiva os alunos a elaborar hipóteses e, como tal, a seleccionarem as observações que as corroboram ou não. A parte "Analisar e concluir", que surge nas experiências do M.A., são quase exclusivamente confirmações e/ou aplicações do que é apresentado no livro de texto.</p> <p data-bbox="464 1519 1428 1744">Parece poder concluir-se que, neste capítulo, o manual não põe a ênfase na problematização, anterior à realização das experiências, não incentiva os alunos a elaborar hipóteses, com base nos conhecimentos disponíveis e que segue uma lógica confirmatória na apresentação das experiências ou factos experimentais descritos.</p> <p data-bbox="464 1770 1428 1920">Parece poder concluir-se, também, que o aluno é orientado para as conclusões pretendidas, pois os aspectos observados, apresentados no livro de texto, são relevantes apenas para os que já conhecem os pressupostos de que se parte, dado que não se clarificam as hipóteses tidas em conta.</p>

QUADRO 11

DIMENSÃO DE ANÁLISE: RELAÇÕES C/T/S (CTS)

CAPITULO: ÁCIDO-BASE

MANUAL: ME 12

CATEGORIA	RESULTADOS DA ANÁLISE
<p>CTS 1</p> <p>CONTEXTOS NA APRESENTAÇÃO DOS TEMAS</p>	<p>Na introdução ao capítulo, são feitas algumas ligações do conceito de ácido e de base ao dia-a-dia dos alunos, porém, de forma muito episódica (p.148).</p> <p>Em relação às implicações sociais da Ciência/Tecnologia, apenas é abordada a questão das chuvas ácidas. No livro de texto, aparece uma pequena "caixa", à parte do texto principal, sobre chuvas ácidas (p.150); no M.A. são apresentados dois textos sobre chuvas ácidas. Um deles (p.111), parece ter como objectivo a aplicação das teorias de ácido-base ao tema das chuvas ácidas, mas não se implicam os alunos neste problema, através da recolha de informação, possíveis medidas a tomar, etc.</p> <p>Eventualmente , o professor poderá explorar o texto de Roald Hoffmann para abordar algumas questões éticas ligadas à Ciência (p.176, M.A.). Porém, nada é referido sobre a forma de explorar este texto, podendo entender-se que é para leitura facultativa do aluno.</p> <p>A relevância social da Ciência/Tecnologia poderia ser explorada no tema das reacções de neutralização e nas titulações ácido-base, onde não se faz qualquer contextualização. A importância de modificar o pH dos solos e as consequências disso para o ambiente, a importância das reacções de neutralização no tratamento de efluentes industriais ácidos ou alcalinos, na Medicina, na Biologia, são exemplos dessa contextualização. Além da leitura dos dois textos , sobre chuvas ácidas, não se propõem actividades que impliquem os alunos noutros problemas sociais e tecnológicos da actualidade, ligados ao tema.</p> <p>Parece poder concluir-se que o manual não põe a ênfase na contextualização dos conceitos, leis e teorias que apresenta, sendo estes desenvolvidos, essencialmente, numa perspectiva académica/disciplinar.</p>

DIMENSÃO DE ANÁLISE: CTS

CAPITULO: ÁCIDO-BASE

MANUAL: ME 12

CATEGORIA	RESULTADOS DA ANÁLISE
CTS 2 CIÊNCIA/ TECNOLOGIA E PROGRESSO SOCIAL	SEM ELEMENTOS
CTS 3 RELAÇÃO ENTRE CIÊNCIA E TECNOLOGIA	<p>No que diz respeito à interligação entre Ciência e Tecnologia, o manual faz apenas referências a algumas aplicações da Ciência, por exemplo, a propósito das titulações de ácido-base (p.172). Os dois textos, que aparecem no final do capítulo, se bem explorados pelo professor, poderão possibilitar aquela interligação (a tentativa de L.Pauling formular uma teoria molecular da anestesia e o trabalho de Hoffmann no melhoramento do conversor catalítico para os automóveis). Nada é referido sobre a importante influência da tecnologia no desenvolvimento da Química, nem do social sobre a Ciência/Tecnologia. As implicações destas, limitam-se ao tema das chuvas ácidas.</p> <p>Nunca se parte de problemas tecnológicos para introduzir conceitos, leis e teorias de ácido-base. A necessidade do tratamento de efluentes industriais poderia ser um exemplo para introduzir as reacções de neutralização, ou o controle da qualidade dos produtos de uma empresa, uma forma de introduzir as titulações de ácido-base.</p> <p>Parece poder concluir-se, que o manual apenas apresenta aplicações tecnológicas de alguns aspectos da Ciência, em paralelo ao desenvolvimento dos temas ou no final do capítulo.</p>

QUADRO 12

DIMENSÃO DE ANÁLISE: HISTÓRIA DA CIÊNCIA (HC)

CAPITULO: ÁCIDO-BASE

MANUAL: ME 12

CATEGORIA	RESULTADOS DA ANÁLISE
<p>HC 1</p> <p>EVOLUÇÃO HISTÓRICA</p>	<p>Neste capítulo, a História da Ciência aparece em duas "caixas", à parte do texto principal (p.150, 154, 163), numa referência factual acerca da escala de pH (p.155) e em textos para leitura dos alunos (final do capítulo e p.119 do M.A.).</p> <p>Não se apresenta uma evolução histórica do conceito de ácido e de base, que mostrasse, por exemplo, o porquê do abandono da teoria de Arrhenius e a aceitação, pela comunidade científica, da teoria de Bronsted-Lowry.</p> <p>Aliás, esta teoria é utilizada na página 159 do livro de texto, sem que se refira a sua origem e esclareça a sua necessidade. A "caixa" sobre Arrhenius não contribui para uma compreensão, por parte dos alunos, do surgimento da teoria dos pares conjugados. A "caixa" da pág.163, também não faz este esclarecimento.</p> <p>Parece poder concluir-se que o manual apresenta a História da Ciência, neste capítulo, de forma factual, ou no sentido de apresentar biografias resumidas de cientistas. O manual não EXPLORA nenhum período de controvérsia científica acerca da evolução dos conceitos e teorias de ácido-base.</p>
<p>HC 2</p> <p>PAPEL DOS CIENTISTAS E DA COMUNIDADE CIENTÍFICA</p>	<p>Na actividade proposta no M.A. (p.119), pode ler-se:</p> <p>"Com base na leitura destes livros, analisar o problema da prioridade da descoberta e a partilha de conhecimentos entre equipas de investigação que trabalham nos mesmos assuntos científicos". Na "caixa" sobre Arrhenius (p.154), é realçada a oposição inicial às teorias inovadoras daquele cientista: "Foi aprovado com a classificação mais baixa, já que a teoria desconhecida era tão inovadora, que ninguém a sabia classificar... Arrhenius enviou cópias da tese a um número de cientistas proeminentes..." (p.154).</p> <p>Embora o manual insira o cientista numa comunidade e refira o intercâmbio entre equipas de investigação, não clarifica a importância da controvérsia entre equipas de investigadores, na implementação da teoria da dissociação electrolítica.</p>

2.4 MANUAL: ME 14

ANÁLISE DAS MENSAGENS EXPLÍCITAS

Este manual não é muito rico em mensagens explícitas sobre a natureza da ciência e da construção do conhecimento científico. No prefácio refere-se a intenção de "integrar actividades experimentais com as correspondentes explicações teóricas".

Ao longo do manual as actividades experimentais apresentam sempre um mesmo esquema: uma introdução, onde se explanam conceitos e/ou leis relacionadas com o trabalho, a "Execução Prática", onde se indicam os procedimentos experimentais que os alunos devem ter em conta e, finalmente, os registos, gráficos e cálculos. As actividades experimentais surgem, explicitamente, para exemplificar técnicas ou para confirmar leis/teorias apresentadas no texto principal.

Exemplos: Actividade Experimental (p.54) - "Como exemplo de uma reacção química de cinética relativamente lenta, ..., procuraremos seguir a evolução da reacção do carbonato de cálcio com HCl (aq.)" ou "De modo análogo se poderá verificar que a velocidade inicial depende da concentração inicial dos reagentes" (p.60).

Na pág. 97 - "A existência de múltiplos estados de equilíbrio pode verificar-se investigando..."; na pág. 106 - "Assim, a alteração da concentração de um reagente ou produto, da temperatura e, por vezes, do volume, ocasiona mudanças no sistema em equilíbrio. Vejamos alguns exemplos práticos". (segue-se a actividade experimental da pág. 107, 111 e 115. Na pág.134 - "As afirmações anteriores podem ser confirmadas pela realização da Actividade Experimental 1, que a seguir se sugere". Na pág. 154 - "Com esta actividade confirmar-se-á que soluções de ácidos preparadas com igual concentração não apresentam necessariamente o mesmo pH".

Embora se afirme no Prefácio que "As explicações teóricas...levam os alunos a perceber que ser químico é muito mais do que ser um executor de operações laboratoriais", a forma como surgem as actividades experimentais parecem remeter o aluno à confirmação das leis e teorias apresentadas pelo manual.

Também se afirma no Prefácio que: "Uma proveitosa discussão dos resultados levará os alunos a uma desejável postura crítica, sugerindo inclusivamente alterações às experiências, experiências alternativas ou experiências complementares". Como a avaliação crítica dos resultados das experiências deve ser feita em relação às hipóteses de trabalho, de que partem os alunos ou os autores do manual, e dado o sentido confirmatório com que são apresentadas as Actividades Experimentais, não se entende como poderão os alunos propor alterações às experiências ou experiências alternativas. Quanto muito, poderão fazer propostas, a nível de detalhes de procedimentos.

No Prefácio refere-se, também, a intenção de "integrar no manual aspectos históricos". No entanto, a História da Ciência é apenas usada com carácter factual. A única excepção diz respeito ao capítulo de Ácido-Base, onde se inclui um subcapítulo intitulado "Evolução histórica do conceito de ácido", que será abordado aquando da análise do referido capítulo. Ao longo dos outros capítulos, surgem apenas algumas fotografias de cientistas, citados no texto, onde se indica o período em que viveram e um ou outro dado biográfico.

No que diz respeito às relações C/T/S, o manual apresenta pontualmente aplicações tecnológicas da ciência.

As actividades propostas aos alunos são muito pouco diversificadas. Todos os capítulos terminam com uma rubrica de "Actividades", que é, exclusivamente, dedicada a exercícios académicos e problemas numéricos fechados.

MANUAL : ME 14

CAPITULO: ÁCIDO-BASE

ESTRUTURA DO CAPÍTULO NO MANUAL

Parte-se da evolução histórica do conceito de ácido, onde se descreve, de forma muito sucinta, as diferentes concepções de ácido, ao longo dos tempos, referindo-

se os Árabes, o trabalho sobre indicadores de R.Boyle, a teoria de Lavoisier, os trabalhos de Davy, Von Liebig, Arrhenius e Ostwald.

Apresentam-se a seguir, os conceitos de dissociação iónica e de ionização. Este último, é exemplificado com a dissolução do HCl(g) em água.

É apresentada a teoria da transferência de iões H^+ , das moléculas de cloreto de hidrogénio para as moléculas de água. Propõe-se, de seguida, a confirmação desta teoria com uma actividade experimental, onde se verifica a condutibilidade eléctrica das soluções aquosas de HCl(g) e a não condutibilidade da sua solução em tricloroetano.

Define-se, em seguida, electrólito forte e fraco, com base na extensão das respectivas ionizações. Apresenta-se uma "caixa" sobre o caso dos ácidos polipróticos para leitura dos alunos. Define-se pH e apresenta-se uma "caixa" de leitura, onde se explica o seu cálculo algébrico.

Com o subtítulo "Equilíbrio Ácido-base" (p.143), introduz-se o conceito de constante de acidez e exemplificam-se algumas alterações ao estado de equilíbrio, aplicando o princípio de Le Chatelier, já conhecido dos alunos.

Em seguida, apresenta-se a teoria dos pares conjugados de ácido-base, referindo-se na sua introdução: "a teoria de ácido-base de Arrhenius mostra-se insuficiente para explicar o comportamento ácido ou básico de algumas substâncias" (p.145). Apresenta-se o exemplo do amoníaco.

A teoria de Bronsted-Lowry é aplicada ao estudo da força relativa de ácidos e bases e à interpretação da autoionização da água. Completa-se este subcapítulo com dois exemplos resolvidos de cálculo do pH.

Aborda-se, em seguida, a utilidade dos indicadores ácido-base e as diferentes maneiras de medir o pH. Aparece uma "caixa" de leitura, onde se apresenta a interpretação teórica do comportamento de um indicador.

Propõe-se uma 2ª actividade experimental, "Avaliação de Acidez", com o objectivo de "confirmar que soluções preparadas com igual concentração não apresentam necessariamente o mesmo pH, relacionando-se essa observação com o facto de não serem todos igualmente fortes" (p.154).

Trata-se, em seguida, o comportamento ácido, neutro ou alcalino de soluções de sais e as reacções de neutralização.

Termina-se o capítulo com uma "caixa" de leitura sobre as Chuvas Ácidas e com a rubrica "Actividades", que consta, exclusivamente, de exercícios académicos e problemas numéricos fechados.

Nos quadros 13, 14 e 15, apresentam-se os resultados da análise para o capítulo ácido-base do manual ME 14, nas três dimensões em estudo.

QUADRO 13

DIMENSÃO DE ANÁLISE: METODOLOGIA DA CIÊNCIA (MC)

CAPITULO: ÁCIDO-BASE

MANUAL: ME 14

CATEGORIA	RESULTADOS DE ANÁLISE
<p>MC 1</p> <p>MÉTODO CIENTÍFICO</p>	<p>O manual apresenta, neste capítulo, as leis e teorias de ácido-base de forma bastante académica, tendo as duas actividades experimentais, propostas aos alunos, um sentido explicitamente confirmatório.</p> <p>Assim, depois de apresentar o conceito de electrólito, a partir dos processos de dissociação iónica e ionização (p.132), propõe aos alunos a actividade experimental 1, da seguinte maneira: "As afirmações anteriores podem ser confirmadas pela realização da Act.Exp.1, que a seguir se sugere" (p.134). Um dos titulos desta actividade designa-se: "Verificação do carácter electrolítico das soluções de HCl(g) em água e em tricloroetano " (p.136). Estas actividades, não são precedidas de quaisquer questões, para os alunos, no sentido de saberem que variáveis se vão controlar ou que hipóteses se vão ter em conta. No final, pede-se aos alunos para concluírem aquilo que já tinha sido apresentado, antes da realização da Act. Experimental.</p> <p>A actividade experimental 2, surge também depois de se explanar a interpretação teórica da força relativa de ácidos e bases, com o objectivo explícito de: "Confirmar que soluções de ácidos preparadas com igual concentração não apresentam necessariamente o mesmo pH.." (p.154).</p> <p>Ao longo do capítulo, são propostas actividades de leitura, em "caixas" à parte do texto principal, com o objectivo expresso de "complementar a matéria exposta" (p.8).</p> <p>No final do capítulo (p.162), propõem-se aos alunos exercícios académicos, que se limitam a cálculos de pH ou escrita e interpretação de equações de reacções de ácido-base.</p>

DIMENSÃO DE ANÁLISE: MC**CAPITULO: ÁCIDO-BASE****MANUAL: ME 14**

CATEGORIA	RESULTADOS DA ANÁLISE
MC1	<p>Parece poder concluir-se que as actividades propostas são pouco diversificadas, não incluindo o planeamento e execução de experiências, recolha de materiais, organização de informação, pesquisa bibliográfica ou interpretação de textos científicos.</p> <p>Assim, parece poder afirmar-se que o manual não fomenta nos alunos, neste capítulo, competências de trabalho científico, nem valoriza o pluralismo metodológico.</p>
MC 2 RELAÇÃO TEORIA / OBSERVAÇÃO	<p>Na Act. Exp. 1 (p.135), propõe-se que se averigüe o comportamento ácido ou não das soluções de HCl(g) em água e em tricloroetano, com papel de tornesol. Em seguida, que se observe se aquelas soluções são ou não condutoras da corrente eléctrica.</p> <p>As observações a efectuar pelos alunos, limitam-se a confirmar o que foi afirmado no texto, onde, antes de se propor esta actividade, se diz que a ionização do cloreto de hidrogénio não ocorre no tricloroetano (p.134), mas sim na água.</p> <p>Na Act. Exp. 2, afirma-se que: "Com esta actividade confirmar-se-á que soluções de ácidos, preparadas com igual concentração, não apresentam necessariamente o mesmo pH, relacionando-se essa observação com o facto de não serem todos igualmente fortes" (p.154). Como no texto principal já se apresentou, algumas páginas atrás, a teoria sobre a força relativa de ácidos (p.147), o cálculo de pH e do grau de ionização, a observação de diferentes pH's para a mesma concentração, limita-se a confirmar o que é dito no texto principal. Esta Act. Exp. limita-se a propor aos alunos o registo das cores observadas, com papel indicador e os valores de pH lidos na escala da fita. Como análise dos resultados, o manual limita-se a pedir aos alunos que completem frases, onde faltam 1 ou 2 palavras, como resumo da teoria apresentada no texto principal (p.155).</p> <p>Parece poder concluir-se que o papel das hipóteses na relação teoria/observação está ausente.</p> <p>Não surgem actividades que permitam aos alunos elaborar hipóteses, com base nos seus conhecimentos disponíveis, e a seleccionarem aspectos observados que as apoiem.</p> <p>Não havendo problematização, anterior à realização das Act. Exp.'s, a observação surge numa lógica confirmatória, sendo a teoria apresentada e posteriormente "confirmada" através da observação de um determinado fenómeno.</p>

DIMENSÃO DE ANÁLISE: MC

CAPITULO: ÁCIDO-BASE

MANUAL: ME 14

<p>MC 3</p> <p>PAPEL DO TRABALHO EXPERIMENTAL</p>	<p>Nas duas Act. Exp., propostas neste capítulo, os alunos limitam-se a confirmar as teorias apresentadas no texto, não existindo qualquer problematização que as anteceda.</p> <p>Esta lógica confirmatória pode ser encontrada noutras partes do capítulo. Assim, na pág.146, afirma-se: "Na ausência do solvente água, ou mesmo de qualquer outro solvente, também podem ocorrer reacções de transferência de protões...veja-se o exemplo da reacção do HCl(g) e amónio, para formar cloreto de amónio";na pág.156, apresenta-se a explicação teórica do carácter alcalino ou ácido das soluções de alguns sais, sendo de imediato "confirmado" através da dissolução de acetato de sódio e de cloreto de amónio, na presença de indicadores. Ao efectuar uma síntese do assunto diz-se: "Das observações anteriores pode concluir-se que.."(p.157). Fazem-se, assim, generalizações de enunciados observacionais.</p> <p>Parece poder concluir-se, que as actividades experimentais não são precedidas de qualquer problematização e que não se faz uma avaliação crítica dos resultados experimentais, com base em hipóteses tidas em conta, pelo manual ou pelos alunos.</p>
---	--

QUADRO 14

DIMENSÃO DE ANÁLISE: RELAÇÕES C/T/S (CTS)

CAPITULO: ÁCIDO-BASE

MANUAL: ME 14

CATEGORIA	RESULTADOS DA ANÁLISE
<p>CTS 1</p> <p>CONTEXTOS NA APRESENTAÇÃO DOS TEMAS</p>	<p>A abordagem do tópico ácido-base é feita, neste manual, de forma predominantemente acadêmica/disciplinar, em que as leis e teorias valem por si. Aparece, unicamente, no final do capítulo(p.160), uma "caixa" de leitura sobre as chuvas ácidas, estando à parte do texto principal. Nesta "caixa" põe-se a ênfase nas reações químicas que explicam a formação das chuvas ácidas e as suas consequências para o ambiente/patrimônio, e pouco nos problemas sociais e políticos que se levantam hoje na sua prevenção. O tema das chuvas ácidas podia ser integrado no texto principal, como próprio objecto de estudo, partindo-se dele para introduzir conceitos, leis e/ou teorias. Assim, na pág.157, a referência a óxidos acídicos e básicos, podia surgir a partir do estudo das chuvas ácidas, até porque o manual repete algumas equações químicas, escritas nesta página, na referida "caixa" de leitura. A referência, nesta "caixa", a um processo de combater a acidez dos lagos e solos, através do uso do carbonato de cálcio, seria uma boa maneira de contextualizar as reações de neutralização, que são apresentadas, neste manual (p.158), de forma exclusivamente acadêmica/disciplinar.</p> <p>Parece poder concluir-se que a contextualização do tópico ácido-base, está praticamente ausente. Não surgem actividades para os alunos que os impliquem em problemas sociais e tecnológicos, o que poderia ser facilmente feito através da análise das conclusões de várias Conferências, que têm tido lugar por todo o Mundo, sobre questões ambientais e concretamente sobre as chuvas ácidas (por exemplo a Conferência do Rio e os problemas políticos e sociais que nela se levantaram). Parece poder afirmar-se que, a influência da Sociedade no desenvolvimento da Ciência/Tecnologia está ausente.</p>

DIMENSÃO DE ANÁLISE: CTS**CAPITULO: ÁCIDO-BASE****MANUAL: ME 14**

CATEGORIA	RESULTADOS DA ANÁLISE
CTS 2 CIÊNCIA / TECNOLOGIA E PROGRESSO SOCIAL	Embora se refira, na "caixa" sobre chuvas ácidas, que " solução mais sensata consiste certamente na prevenção, reduzindo as emissões de substâncias ácidas" (p.161), o manual parece dar a entender que o problema é simplesmente técnico afirmando: "Tal pode ser obtido(a prevenção), por exemplo, pela remoção desses gases antes que os fumos sejam libertados para a atmosfera, usando combustíveis de baixo teor em enxofre e azoto e incorporando conversores catalíticos nos automóveis". Sendo a resolução deste problema essencialmente política, pois os países mais desenvolvidos, e principais responsáveis pela emissão dos referidos gases, se recusam a tomar as medidas que se impõem, o manual omite a influência política e social sobre a Ciência e a Tecnologia.
CTS3 RELAÇÃO ENTRE CIÊNCIA E TECNOLOGIA	SEM ELEMENTOS

QUADRO 15

DIMENSÃO DE ANÁLISE: HISTÓRIA DA CIÊNCIA (HC)

CAPITULO: ÁCIDO-BASE

MANUAL: ME 14

CATEGORIA	RESULTADOS DA ANÁLISE
<p>HC 1 EVOLUÇÃO HISTÓRICA</p>	<p>O manual inicia o tópico ácido-base com um subcapítulo intitulado "Evolução histórica do conceito de ácido".</p> <p>Surgem fotografias de Arrhenius, Boyle e Berthollet, onde se insere uma pequena referência ao período em que viveram e ao seu contributo para a Química. Na evolução histórica do conceito de ácido refere-se, muito sucintamente, o trabalho dos Árabes e de Boyle, a teoria de Lavoisier, os trabalhos de Davy e Liebig e a teoria de Arrhenius e de Ostwald.</p> <p>Estas teorias são apresentada de forma factual, não possibilitando que os alunos se apercebam dos avanços e recuos na sua construção, e como se rejeitaram umas e se adoptaram outras. As teorias de ácido-base, anteriores ao séc.XIX, são analisadas à luz das actuais, desinserindo-as da época em que foram construídas. Aparecem, assim, aos olhos dos alunos como "erradas".</p> <p>Ao excluir a teoria de Bronsted-Lowry desta evolução histórica, e ao utilizá-la mais á frente na interpretação das diferentes reacções de ácido-base, ela pode aparecer aos alunos como a única "verdadeira".</p> <p>Aliás, o manual não refere outras teorias mais recentes (Lewis, 1923; Pearson, 1963).</p> <p>É um facto, que ao longo do capítulo, a teoria de Bronsted-Lowry é apresentada como importante para ultrapassar algumas dificuldades da teoria de Arrhenius (p.145 e 146). No entanto, ao afirmar-se que: "A teoria da dissociação electrolítica de Arrhenius... tem vindo a ser alargada de modo a incluir espécies químicas que... "(p.130), pode-se transmitir uma visão cumulativa da construção das teorias científicas.</p>

DIMENSÃO DE ANÁLISE: HC

CAPITULO: ÁCIDO-BASE

MANUAL: ME 14

CATEGORIA	RESULTADOS DA ANÁLISE
HC 1	Parece poder afirmar-se, que este manual utiliza a história da ciência de forma predominantemente factual, o que não contribui para que os alunos se apercebam dos avanços e recuos na construção das teorias de ácido-base, nem da dinâmica da substituição de umas por outras.
HC 2 PAPEL DOS CIENTISTAS E DA COMUNIDADE CIENTÍFICA	A utilização da HC, neste capítulo, ao identificar exclusivamente as teorias de ácido-base com determinados cientistas, e ao desinseri-las da época histórica e cultural em que foram construídas e do contributo da comunidade na sua elaboração, não transmite aos alunos a importância do intercâmbio entre cientistas e do papel da comunidade científica na validação das teorias.

3 DISCUSSÃO DOS RESULTADOS DA ANÁLISE

3.1 MENSAGENS EXPLÍCITAS NOS MANUAIS E SUA CONCRETIZAÇÃO NO CAPITULO DE ÁCIDO-BASE.

Pretendia-se, numa 1ª fase da análise, detectar propostas metodológicas, concepções sobre a natureza da Ciência e da construção do conhecimento científico, e intenções explícitas nos manuais, quer dissessem respeito ao manual, em si, quer ao professor ou aos alunos.

Mesmo hoje, é pouco habitual os manuais portugueses explicitarem, de forma clara, as suas propostas metodológicas, ou apresentarem Guias para os professores, onde o façam. De facto, nenhum dos manuais analisados, possui um Guia para o professor.

Dois dos manuais analisados (ME 4 e ME 14), são muito pouco ricos em mensagens explícitas, sobre a natureza da ciência e da construção do conhecimento científico. Nestes dois manuais, apenas é possível detectar no Prefácio/Introdução, algumas intenções dirigidas aos alunos (ME 14) ou indicações sobre a forma como o manual está organizado (ME 4).

O manual ME 12, é bastante rico em mensagens sobre a natureza da Ciência, sobre a forma como trabalham os cientistas e sobre a natureza e importância da Química e dos químicos. As mensagens explícitas, neste manual, estão próximas teoricamente de uma perspectiva epistemológica racionalista/construtivista (ver ponto 2.3). Sendo rico em mensagens epistemologicamente relevantes, parece questionável a forma como as traduz em propostas didáticas, no capítulo Ácido-Base. Exceptuando um ou outro texto, que propõe aos alunos para análise crítica, este manual não se diferencia, em questões essenciais, como sejam a problematização, a contextualização dos conceitos ou o uso da história da Ciência, dos outros manuais analisados, no capítulo de ácido-base. Assim, há contradição entre as intenções e/ou mensagens explícitas, neste manual, e a forma como são traduzidas em textos, actividades e problemas propostos aos alunos.

No manual ME 2, detectam-se algumas mensagens explícitas sobre a metodologia da ciência, particularmente na introdução ao 1º capítulo (ver ponto 2.1). Este manual apresenta o conhecimento científico como partindo da observação/experiência, e apresenta as leis científicas como resultantes da "descoberta" de regularidades nas observações efectuadas. Este manual, explicita assim, uma perspectiva claramente empirista/indutivista da Ciência e da construção do conhecimento científico. No entanto, no capítulo de Ácido-Base, este manual não segue rigorosamente aquela perspectiva, ou seja, não apresenta aos alunos as leis e teorias de ácido-base, como generalizações de enunciados observacionais. O esquema indutivista é "falseado", sendo as leis e teorias apresentadas previamente aos alunos, no livro de texto, e as observações/experiências, que lhes são propostas, inserem-se numa lógica confirmatória.

Parece poder concluir-se, que os manuais analisados, quando veiculam explicitamente concepções sobre a natureza da Ciência e da construção do conhecimento científico, sejam de cariz empirista/indutivista ou racionalista/construtivista, não as traduzem em propostas didácticas consonantes com essas concepções que defendem.

Como afirma Gallager (1991), "após uma descrição inicial sobre a natureza da Ciência, o texto (dos manuais) volta ao 'negócio habitual', apresentando o corpo de conhecimentos da Ciência, ao estudante, de uma forma expositiva.

3.2 ESTRUTURA DA UNIDADE ÁCIDO-BASE NOS MANUAIS ANALISADOS

A análise da forma como a Unidade Ácido-Base está estruturado nos 4 manuais revela que, exceptuando a ordem de apresentação de alguns tópicos e uma ou outra actividade, a estrutura é semelhante em todos eles, e segue de perto os objectivos de conteúdo e as sugestões metodológicas do Programa Oficial da disciplina de Físico-Químicas, da responsabilidade do Ministério da Educação.

É tradição, em Portugal, a grande maioria dos manuais escolares, seguirem de perto os conteúdos e as sugestões metodológicas vindas do Ministério. No entanto, apenas o manual ME 2, afirma explicitamente que está elaborado de acordo com os conteúdos e propostas metodológicas do Programa. Porém, os outros manuais estão elaborados de forma semelhante, incluindo, todos eles, experiências que são propostas no Programa, como sejam o estudo do comportamento das soluções de HCl(g) em água e em tricloroetano, e o tratamento do tópico das chuvas ácidas, relacionado com o objectivo do Programa: "Interpretar a ocorrência das Chuvas Ácidas".

Dado que a abordagem deste assunto, é o único exemplo de contextualização do tema Ácido-Base, em manuais como ME 14, não fosse ele explicitamente incluído no Programa, a perspectiva do manual seria puramente académica/disciplinar. A

questão é sobretudo pertinente quanto à relevância que o programa pode desempenhar. Fica de pé a questão do que os ME's valorizam mais.

Como se analisou, no capítulo 1 (ponto 2.2.), a contradição entre as Finalidades e Objectivos Gerais dos novos Programas, que apontam claramente para a importância do tratamento das relações C/T/S e para o uso da História da Ciência no ensino da Física e da Química, e os conteúdos e sugestões metodológicas propostas, parece portanto reflectir-se nos manuais analisados.

3.3 ANÁLISE COMPARATIVA DO CAPÍTULO ÁCIDO-BASE DOS MANUAIS

i) Metodologia da Ciência (MC)

A hipótese de trabalho de que se partiu, foi a de que os manuais escolares de Química do Secundário veiculam, no essencial, imagens sobre a natureza da Ciência e da construção do conhecimento científico, de raiz empirista/indutivista.

No que diz respeito à dimensão "Metodologia da Ciência", a análise efectuada a cada um dos quatro manuais parece corroborar aquela hipótese. De facto, todos apresentam, de uma forma mais ou menos explícita, uma lógica confirmatória na apresentação das actividades experimentais, isto é, pretendem que os alunos obtenham "dados" a partir de uma dada experiência para confirmar uma lei científica. As experiências não são precedidas, na sua maioria, de qualquer problematização, sendo a avaliação dos resultados feita em função do que se espera confirmar.

Os manuais analisados não apresentam aos alunos actividades que fomentem o pluralismo metodológico e o desenvolvimento de diferentes competências de trabalho científico, como o planeamento de experiências, partindo de hipóteses elaboradas pelos alunos ou sugeridas pelos manuais, a recolha de materiais e organização da informação, e a pesquisa bibliográfica. A leitura e interpretação de

textos científicos, apenas surge no manual ME 12. Nenhum dos manuais realça o papel das hipóteses na relação teoria/observação.

Para além das actividades experimentais, os manuais limitam-se a propôr aos alunos a realização de exercícios académicos e a resolução de problemas numéricos fechados.

Não parece razoável, posicionar os manuais analisados em perspectivas exclusivamente empiristas/positivistas (A) ou racionalistas/construtivistas (B), pois no plano didáctico um dado manual contempla, necessariamente, a vertente pedagógica com preocupações com a aprendizagem dos alunos, que não se articula de forma simplista à vertente epistemológica.

No entanto, é de admitir que um manual onde se apresentam as leis e teorias científicas de uma forma expositiva, valendo por si, e que se propõe confirmá-las através de experiências, onde se põe a ênfase na recolha de "dados" observacionais e na busca de regularidades, aplicando um mesmo procedimento, ou conjunto de "passos", que é identificado, muitas vezes, com o "método científico", veicula no essencial uma imagem da metodologia científica de cariz empirista/positivista. Designou-se esta orientação seguida por um manual de CONFIRMATÓRIA/MECANICISTA.

Um manual, onde as actividades para os alunos, experimentais ou não, surgem enquadradas numa estratégia de resolução de problemas, onde os alunos são incentivados a elaborar hipóteses e a corroborá-las através de experiências, por eles planeadas e executadas, e onde possam desenvolver diferentes competências de trabalho científico, valorizando-se o pluralismo metodológico, veicula uma imagem da metodologia científica mais consonante com perspectivas epistemológicas racionalistas/construtivistas. Designou-se esta orientação de PROBLEMATIZADORA.

Posicionaram-se os quatro manuais analisados, no que diz respeito à dimensão "Metodologia da Ciência", segundo estas duas orientações (ver quadro 16). Todos os manuais analisados seguem uma orientação confirmatória/mecanicista,

veiculando no essencial uma imagem de Ciência mais próximas de perspectivas empiristas/positivistas.

ii) Relações C/T/S

A perspectiva dominante, nos manuais analisados, é académica/disciplinar, com a apresentação de eventuais aplicações tecnológicas de alguns aspectos da Ciência. Não é posta a ênfase na contextualização sócio-tecnológica, na apresentação dos diferentes conteúdos, são escassas as actividades que implicam os alunos em problemas sociais e tecnológicos.

Os manuais analisados, não põem a ênfase nas limitações da Ciência, nos erros e nas dúvidas, que são características da actividade científica.

Em nenhum deles, aparece referência a problemas ainda não resolvidos pela Ciência/Tecnologia. Nunca se parte, no capítulo analisado, de problemas sociais e tecnológicos para introduzir conceitos, leis e teorias de base.

Um manual, em que os conceitos, leis e teorias científicas são apresentados como verdades que valem por si, segundo a lógica da estrutura da disciplina, sem qualquer contextualização social, tecnológica ou ética, ou em que se apresentam, apenas, eventuais aplicações tecnológicas e/ou implicações sociais da Ciência/Tecnologia, normalmente à parte do texto principal ou no final dos capítulos, veicula, no essencial, uma visão internalista da Ciência, mais consonante com perspectivas epistemológicas empiristas/positivistas. Esta orientação, seguida por um manual, designou-se de ACADÉMICA/DISCIPLINAR.

Um manual, em que os assuntos do dia-a-dia familiares aos alunos, as situações-problema de âmbito social, tecnológico ou ético, são o próprio objecto de estudo, partindo-se deles e dos problemas que levantam para introduzir os alunos aos conceitos, leis e teorias científicas, veicula no essencial uma visão externalista da Ciência, mais consonante com perspectivas epistemológicas de raiz

racionalista/construtivista. Designou-se esta orientação, seguida por um manual, de **ABORDAGEM CTS**.

Os manuais analisados, foram posicionados no que diz respeito à dimensão "Relações C/T/S", segundo estas duas orientações (ver quadro 16). Todos eles tinham uma orientação académica/disciplinar.

iii) História da Ciência (HC)

Embora os manuais utilizem a história da ciência, no capítulo ácido-base, fazem-no de uma forma exclusivamente factual, por vezes heróica, e quase sempre à parte do texto principal. Nenhum dos manuais utiliza um período de controvérsia científica para mostrar como foram construídas e validadas as teorias de ácido-base. Na maioria dos manuais, não se mostra o papel da comunidade científica na construção e validação das teorias.

Um manual, em que a história da Ciência não está presente ou é utilizada com carácter meramente episódico e factual, normalmente em "caixas" à parte do texto principal, onde se referem datas, dados biográficos e acontecimentos pontuais, veicula no essencial uma visão internalista da Ciência mais próxima de perspectivas epistemológicas empiristas/positivistas. Esta orientação, seguida por um dado manual, foi designada de **EPISÓDICA/FACTUAL**.

Um manual, onde a história da Ciência é utilizada para mostrar aos alunos o processo de construção dos conhecimentos científicos, o ambiente político, social e cultural da época em que as teorias científicas foram construídas, o papel da comunidade científica nessa construção e na validação do trabalhos dos cientistas, explorando a propósito de um ou outro tópico um período de controvérsia científica, veicula, no essencial, uma visão externalista da Ciência mais consonante com perspectivas epistemológicas contemporâneas de raiz racionalista/construtivista. Esta orientação, no uso por parte do manual da história da Ciência, foi designada de **INTEGRADA**.

Os manuais analisados, foram posicionados, no que diz respeito à dimensão "História da Ciência", segundo estas duas orientações (ver quadro 16).

O quadro nº 16, evidencia as orientações globais dos manuais analisados, no que diz respeito ao capítulo de ácido-base. Todas as orientações são congruentes, em maior ou menor grau, com perspectivas empiristas/positivistas. Parece poder concluir-se, que se corrobora, assim, a hipótese de trabalho fundamental de que se partiu neste estudo (ver cap. 1).

QUADRO 16

Orientações globais seguidas pelos manuais analisados (capítulo ácido-base)

Dimensão de Análise	M C		C T S		H C	
	Confirmatória Mecnicista	Problematizadora	Acadêmica / Disciplinar	Abordagem CTS	Episódica / Factual	Integrada
M E 2	•		•		•	
M E 4	•		•		•	
M E 12	•		•		•	
M E 14	•		•		•	

4 FIDELIDADE DOS RESULTADOS

A validação interna do sistema de categorias e da Grelha de análise utilizada, foi tratada no cap.3, ponto 5.2. No entanto, o problema da validade da análise diz respeito a todas as etapas de uma análise de conteúdo. Assim, considerado em sentido lato, é também função da fidelidade dos resultados.

O problema da fidelidade dos resultados, reveste algumas dificuldades no caso da análise de conteúdo, em particular quando se trata de análise de índole qualitativa. Segundo Vala (1986), "Qualquer conteúdo é susceptível de interpretações diversas. É por isso de prever que dois codificadores, ao analisarem um mesmo material, cheguem a resultados diferentes. Da mesma forma, um mesmo codificador ao longo do trabalho de análise de conteúdo pode não aplicar de forma idêntica os mesmos critérios de codificação".

Neste estudo, entendeu-se a fidelidade como traduzindo a concordância de outros investigadores com os resultados obtidos, fidelidade inter-codificadores, e do mesmo investigador em momentos diferentes, fidelidade intra-codificador (Robson, 1993).

Assim, enviaram-se os resultados da análise, de cada um dos manuais, o modelo de trabalho utilizado e a Grelha de Análise, acompanhados de uma carta (ver anexo 6), a dois juízes (juiz 1 e juiz 2) com experiência em investigação educacional no ensino das ciências, tendo sido os documentos analisados de forma independente.

Nas reuniões posteriores tidas com cada um dos dois juízes, debateu-se a metodologia de aplicação da grelha ao Capítulo seleccionado dos quatro manuais, assim como os argumentos utilizados na análise das mensagens neles expressas, as inferências feitas a partir de excertos dos mesmos e em relação a cada uma das categorias da grelha.

Ambos os juízes pronunciaram-se sobre o modelo de trabalho utilizado e sobre a metodologia de aplicação da grelha, havendo concordância em termos globais. No

que respeita aos resultados a que se chegou, um dos juízes (juiz 2) pronunciou-se apenas sobre os resultados da análise do manual ME 2. Verificou-se concordância global entre as conclusões do juiz 1 e as do próprio autor e, entre aquelas e as conclusões a que o juiz 2 chegou.

Nas reuniões tidas com cada um dos juízes, esclareceram-se alguns termos, argumentos e inferências feitas na análise dos manuais, como sejam:

- Havia, por vezes, repetição nos argumentos utilizados na análise, em relação a categorias da mesma dimensão que se poderiam evitar, embora se considerasse que existiam intersecções entre elas, tal como é afirmado no cap. 3, ponto 5.1.
- Devia retirar-se a análise de erros científicos, presentes no manual ME 2, dado que, embora considerada uma dimensão importante na análise de um manual de ciências, não estava contemplado na grelha de análise, nem se enquadrava nos objectivos deste estudo.
- Quando se afirma, em relação ao Livro de Trabalhos Práticos do manual ME 2, que os trabalhos experimentais são apresentados sempre segundo o mesmo esquema: "Objectivos - Introdução teórica - Modo de Proceder - Registo - Interpretação da Experiência", achou-se conveniente esclarecer a forma como era apresentada a "Introdução teórica", no sentido de averiguar se ela introduzia alguma problematização prévia à realização do trabalho experimental.
- Esclareceu-se o uso do termo "Tema", e constatou-se que era utilizado na análise de uma forma ambígua, isto é, umas vezes no sentido de tópico programático e outras como contexto/situação - problema, tal como é usado numa estratégia de resolução de problemas ou numa perspectiva CTS (por exemplo: tema "Os metais e as ligas metálicas"). Decidiu-se usar o termo "tema" segundo esta última perspectiva.
- Constatou-se que o formato da Grelha de Análise não era facilitador da validação da análise, dado que a contraposição dos indicadores da perspectiva A (empirista/positivista) e os da perspectiva B

(racionalista/construtivista), não estava suficientemente evidente. Achou-se conveniente realçar aquela correspondência entre os indicadores das duas perspectivas.

- Achou-se conveniente substituir a designação "Ausente", que aparecia na análise, em relação às categorias em que não havia elementos que possibilitassem a identificação de imagens de Ciência veiculadas, tendo-se optado pela designação "Sem elementos", pois não se tratava de codificar a presença/ausência das categorias na Unidade analisada.

No sentido de avaliar a concordância de critérios utilizados, pelo autor deste estudo, em momentos diferentes do trabalho (fidelidade intra-codificador), fez-se novamente a análise do manual ME 2, quatro meses depois da primeira versão estar concluída. A escolha deste manual, deve-se à circunstância de ser o único que um dos juízes analisou em pormenor. Constatou-se que as diferenças entre os argumentos e inferências usadas na análise de conteúdo do manual ME 2, naqueles dois momentos, eram pontuais, limitando-se a uma caracterização mais detalhada da imagem veiculada pelo manual em relação à dimensão Metodologia da Ciência, não acarretando modificação no resultado global a que se chegou.

CAPÍTULO 5 - CONCLUSÕES E IMPLICAÇÕES EDUCACIONAIS

1 CONCLUSÕES DO ESTUDO

Ao identificar imagens de Ciência veiculadas por manuais de Química do ensino secundário, de maior uso em escolas portuguesas no ano lectivo de 1994/95, e ao analisar a congruência dessas imagens com perspectivas empiristas/positivistas sobre a natureza da Ciência e da construção do conhecimento científico, este estudo pode contribuir para a formação epistemológica de professores de Física e Química através da reflexão, acerca de tais imagens. A questão é pertinente já que aquelas imagens de Ciência veiculadas por manuais de Química não facilitam a implementação dos novos programas, pelo menos ao nível das finalidades e objectivos gerais de cariz construtivista (ver cap. 1). O peso enorme do ME no ensino da Física e Química reforça essa constatação.

Se é um facto que os professores de Física e Química não tiveram formação adequada de âmbito epistemológico no sentido de levar à prática os novos programas de Físico-Químicas do ensino básico e secundário, as orientações globais seguidas pelos manuais de Química analisados, embora não sendo especificamente dirigidos para os professores, contribuem pouco, e em alguns aspectos de forma negativa, para essa formação.

Porventura mais importante ainda, é o que diz respeito à construção de imagens adequadas sobre a natureza da Ciência e da construção do conhecimento científico por parte dos alunos. Os manuais analisados não facilitam a consecução de alguns objectivos gerais dos novos programas, como sejam os que dizem respeito ao uso da História da Ciência, ao tratamento das relações CTS ou à implementação junto dos alunos de processos de trabalho científico.

Neste contexto, a reflexão acerca de imagens de Ciência veiculadas por ME's pode conduzir a uma reflexão crítica dos professores sobre as suas práticas pedagógicas no sentido de as modificar, tornando-as mais consonantes com perspectivas racionalistas/construtivistas.

Sendo as metodologias e didácticas das ciências experimentais uma das primeiras prioridades na formação contínua de professores do ensino básico e secundário, segundo a administração escolar, este estudo pode dar pistas sobre possíveis estratégias de formação contínua, nomeadamente através da análise de imagens de Ciência veiculadas por manuais de uso corrente nas escolas.

O facto de terem sido analisados apenas 4 manuais de Química do ensino secundário, constitui uma das limitações deste estudo. No entanto, a metodologia usada na análise desses manuais pode inspirar estudos futuros de carácter mais exaustivo. Outra limitação deste estudo diz respeito à utilização de um quadro teórico definido à priori, conduzindo assim a análise numa certa direcção entre outras possíveis. Esta limitação não é exclusiva dos procedimentos fechados de análise de conteúdo. Como afirma Mucchielli (1991), "o operador de análise de conteúdo deve reservar-se de querer provar as suas hipóteses, explícitas ou implícitas, e deve saber que mesmo armado de uma metodologia impecável, ele é, apesar de tudo, orientado pelas suas tendências, que se manifestam mesmo na maneira de interrogar o texto".

Na superação destas limitações, assumiu particular importância o problema da validação e da fidelidade dos resultados da análise.

2 SUGESTÕES DE TRABALHO

2.1 “WORKSHOP” PARA PROFESSORES DE FÍSICA E QUÍMICA

Um dos objectivos deste estudo, era o de sugerir alternativas na elaboração de materiais didácticos, a usar por alunos e professores, que facilitassem a construção de imagens mais adequadas por parte dos alunos sobre a natureza da Ciência e da construção do conhecimento científico.

Uma das dificuldades na implementação de estratégias na sala de aula, que explorem períodos históricos de controvérsia científica, que sensibilizem os alunos para a natureza dinâmica da Ciência, para as suas relações complexas com a Sociedade e a Tecnologia e mostre o papel da comunidade científica na construção e validação das teorias científicas, radica fundamentalmente na ausência de formação epistemológica dos professores. Porém, mesmo para os professores interessados em desenvolver aquelas estratégias, a ausência de materiais didácticos, como publicações em português acerca daqueles períodos de controvérsia, torna ainda mais difícil a tarefa. Neste sentido, elaborou-se um Guia (anexo 2) com o objectivo de apoiar os professores de Física e de Química, onde se fornecem dados históricos e indicações bibliográficas sobre a história da evolução dos conceitos e teorias de ácido-base. Este guia pretende ser um contributo para que os professores possam fazer uma selecção de textos históricos, concretamente em relação ao tópico ácido-base, de forma a que a sua exploração com os alunos facilite a sua compreensão do carácter provisório das teorias científicas actualmente aceites, das características da actividade científica e das relações da Ciência com outras áreas do saber.

A análise deste guia poderá ser um meio para sensibilizar os professores de Físico-Químicas a questões epistemológicas ligadas à evolução de conceitos, leis e teorias científicas e poder apoiá-los na elaboração de estratégias de sala de aula com abordagem histórica, concretamente em relação ao tema ácido-base. Tal função não se esgota na análise de textos. É preciso debater com os professores diferentes leituras possíveis das finalidades e objectivos dos novos programas de Físico-

Químicas, assim como das formas de levar à prática a sua consecução. Daí a importância de realizar uma acção de formação para professores de Física e Química, onde se possam abordar aquelas questões.

A sugestão da realização de um "workshop" para professores, tem em vista :

- Sensibilizar os professores de Física e Química para perspectivas epistemológicas racionalistas/construtivistas, explorando a problemática manuais escolares/ imagens de Ciência por eles veiculadas; e também:
- Construir estratégias de ensino/aprendizagem, sobre o tópico ácido-base, mais consonantes com perspectivas construtivistas, incluindo a análise de materiais para professores que apoiem a construção dessas estratégias.

Os destinatários deste "workshop" seriam professores profissionalizados do ensino secundário. Dada a ausência previsível de formação a nível epistemológico dos próprios professores, sugere-se que o texto de apoio "História da Química e o tema Ácido-Base" (anexo 2), seja por eles lido antes da realização do "workshop", no sentido de referenciar o debate a ter.

O "workshop" poderia ter a duração de um dia, ou eventualmente dois, em que numa primeira parte se procuraria sensibilizar os professores para as questões epistemológicas levantadas pela leitura prévia do texto de apoio e pela análise de extractos de manuais de Química à luz da presente investigação; numa segunda parte organizar-se-ia, em pequenos grupos, a elaboração de estratégias para a sala de aula, cuja exploração permita transmitir aos alunos imagens de Ciência mais adequadas do que as que normalmente são veiculadas pelos manuais.

De um modo mais elaborado, uma possível estratégia a utilizar na 1ª parte do "workshop" seria a análise de extractos da introdução ao capítulo Ácido-Base de três manuais. Estes poderiam ser o manual ME 14, onde se começa o capítulo pela evolução histórica do conceito de ácido, o manual ME 4, que introduz o tópico ácido-base com a preparação do cloreto de hidrogénio e pelo estudo da condutibilidade eléctrica da sua solução em água e em tricloroetano, e o manual ME 12 que começa o capítulo pela definição operacional de sol. ácida e alcalina,

através do uso de indicadores e onde faz alguma ligação a questões do dia-a-dia dos alunos.

A análise feita pelos professores a estes extractos dos manuais, poderia ser apoiada por questões de orientação semelhantes às que constam no modelo de trabalho usado pelo autor deste estudo e relativas às dimensões "Metodologia da Ciência", "História da Ciência" e "Relações CTS" (ver cap. 4).

Na 2ª parte do "workshop", os professores seriam solicitados a elaborar em pequenos grupos um pequeno texto onde registassem a forma como costumam introduzir o tópico ácido-base a alunos do ensino secundário. O debate em torno da abordagem usual ao tópico ácido-base feita por cada professor e das conclusões da análise dos extractos dos manuais, levantaria seguramente diversas questões de índole epistemológica, que permitiriam uma reflexão crítica sobre as práticas habituais dos professores e sobre as imagens veiculadas pelos manuais. Em seguida, os professores seriam solicitados a elaborar em pequenos grupos uma estratégia de introdução ao tópico ácido-base mais consonante com perspectivas construtivistas.

A finalizar, apresentar-se-ia para debate a ficha de trabalho A (ver anexo 3), como sugestão alternativa. A título ilustrativo poder-se-ia sugerir a ficha de trabalho B, como alternativa de introdução ao tópico ácido-base, mas agora para o ensino básico (ver anexo 4).

2.2 SUGESTÕES PARA FUTURAS INVESTIGAÇÕES

As duas primeiras sugestões, que se seguem, articulam-se de alguma forma com o presente estudo sobre ME's de Química e de certa maneira possibilitariam o seu enriquecimento. Seria interessante analisar manuais do ensino básico com o objectivo de identificar imagens de Ciência por eles veiculadas. Essa análise poderia ter por base as seguintes questões:

- Que imagens sobre a natureza da Ciência e da construção do conhecimento científico são veiculadas por manuais de Química para o ensino básico, nomeadamente em relação ao tópico Ácido-Base ?
- Qual a diferença, se existir, entre essas imagens e imagens identificadas por este estudo em manuais para o ensino secundário ?

De âmbito mais lato, e dado o enorme peso do manual escolar na prática lectiva dos professores, seria de investigar a seguinte questão:

- Que relação, se existe alguma, entre as imagens de Ciência identificadas em manuais de Química, neste estudo, e as imagens de Ciência transmitidas aos alunos na sala de aula pelos professores que os usam ?

Finalmente, em relação à construção por parte dos alunos de concepções sobre a natureza da Ciência e da construção do conhecimento científico, é pertinente investigar se existe alguma relação entre essas concepções e as imagens de Ciência veiculadas pelos manuais escolares que eles usam.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Abimbola, I.O., (1983), "The Relevance of the "New" Philosophy of Science for the science curriculum", *School Science and Mathematics*, 83(3): 181-193.
- Almeida, A.M.F.G. (1995), "Trabalho Experimental na Educação em Ciência: Epistemologia, Representações e Práticas dos Professores", Tese de Dissertação de Mestrado, Universidade Nova de Lisboa.
- Amorim da Costa, A.M., (1983), "Do uso da História da Química no seu ensino", *Boletim da S.P.Q.*, ano 4, II, 15/16, p. 12-15.
- Barnes, D., (1994), "The significance of teacher's frames for teaching", in *Teachers and Teaching- From classroom to reflection*, ed.by T.Russell and H.Munby, The Falmer Press, London.
- Bensaude-Vincent, B., Stengers, I., (1995), "Histoire de la Chimie", Éditions La Decouverte, Paris.
- Bizzo, N.M.V., (1993), "Historia de la Ciencia y Ensenanza de la Ciencia: Qué paralelismos establecer ?", *Comunicación, Lenguaje y Educación*, 18: 5-14.
- Borko, H., Bellamy, M.L., Sanders, L., (1992), "A Cognitive Analysis of Patterns in Science Instruction by Expert and Novice Teachers", in *Teachers and Teaching* , Falmer Press, London.
- Bronowsky, J., (1951), "The Common Sense of Science", Heinemann Educational Books, Londres.
- Brotons, V.N., (1983), "La Historia de las Ciencias y la Enseñanza", *Enseñanza de las Ciencias*, p.50-54.

- Bybee, R.W., et al, (1991), "Integrating the History and Nature of Science and Technology in Science and Social Studies Curriculum", Science Education, 75(1): 143-155.
- Bybee, R.W., (1994) "Reforming Science Education", Teachers'College Press.
- Cachapuz, A., Malaquias, I., Martins, I., Thomaz, M. e Vasconcelos, N. (1987) "Proposta de um Instrumento para Análise de Manuais Escolares de Física e Química", Grupo INEA/FQ, Universidade de Aveiro.
- Cachapuz, A. et. al. (1989a) "Por um Ensino Relevante da Química: Que papel para o trabalho experimental?", Boletim da S.P.Q., 36, p.25-27
- Cachapuz, A. et. al. (1989b) "O Ensino-Aprendizagem da Física e Química: Resultados Globais de um Questionário a Professores", Grupo INEA , Universidade de Aveiro.
- Cachapuz, A., (1992), " Filosofia da Ciência e Ensino da Química: repensar o trabalho experimental", Actas do 1ºCongresso Internacional das Didáticas, Santiago de Compostela , tomo 1, p.357-364.
- Cachapuz, A., Praia, J. (1992) "An anlysis of the conceptions about the nature of scientific knowledge of portuguese secondary science teachers", Comunicação apresentada no Annual NARST Meeting, Boston.
- Cachapuz, A., (1995), "O Ensino das Ciências para a excelência da aprendizagem", in Novas Metodologias em Educação, org. Adalberto Dias de Carvalho, Porto Editora.
- Campbell, B., Lazonby, J., Millar, R., Nicolson, P., Ramsden, J. e Waddington, D., (1994), "Science: The Salter's Approach - A case Study of the Process of Large Scale Curriculum Development", Science Education, 78(5): 415-447.

- Carrascosa, J., Fernandez, I., Gil, D., Orozco, A., (1993), "Algunas Concepciones Simplistas sobre la Ciencia y el Trabajo Científico", Enseñanza de las Ciencias, número extra do IV Congresso de Enseñanza de las Ciencias, Barcelona.
- Cawthorn, E.R., Rowell, J.A. (1978) "Epistemology and Science Education", Studies in Science Education, 5: 31-59.
- Chalmers, A.F., (1984), "Que és esa Cosa Llamada Ciencia ?", Siglo Veintiuno Editores, 2ªed., Madrid.
- Chiang-Soong, B., Yager, R.E. (1993), "The inclusion of STS material in the most frequently used secondary science textbooks in the U.S.", J.R.S.T., 30(4): 339-349.
- 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", J.R.S.T., 27(5):429-445.
- De Boer, G.E., (1991), "A History of Ideas in Science Education", Teachers College, Columbia University, New York.
- Digisi, L.L., Willett, J.B. (1995), "What High School Biology Teachers say about their Textbook Use: A descriptive study ", J.R.S.T., 32(2):123-142.
- Driver, R., (1983), "The Pupil as a Scientist ?", Open University Press.
- Driver, R., Oldham, V., (1986), "A Constructivist Approach to Curriculum Development in Science", Studies in Science Education, 13:105-122.
- Dumas & Monteau, (1985), "Módulo Ácido-Base", tradução e adaptação da Sociedade Portuguesa de Quimica, Lisboa.
- Duschl, R.A., (1988), "Abandoning the Scientistic Legacy of Science Education", Science Education, 72(1):51-62.
- Eamon, W., (1980), "New light on Robert Boyle and the discovery of colour indicators", Ambix, vol 27, 3, p.204-209.

- Elliott, D.L., Nagel, K.C., (1987), "School Science and the pursuit of knowledge - deadends and all", Science and Children, 24(8):9-12.
- Eltinge, E.M., Roberts, C.W., (1993), "Linguistic Content Analysis: A Method to measure Science as inquiry in textbooks", J.R.S.T., 30(1),p.65-83.
- Ernest, P., (1995), "The One and the Many", in Construtivism in Education, ed.by Leslie Steffe & Jerry Gale, Lawrence Erlbaum Associates Inc., New Jersey.
- Estany, A., (1990), "Modelos de Cambio Cientifico", Editorial Critica, Barcelona.
- Fernandez, C., Escandall, M.C., (1986), "Contra el mito de la neutralidade de la Ciencia: El papel de la historia", Enseñanza de las Ciencias, 4(2):163-166.
- Feyerabend, P., (1993), "Contra o Método", Relógio de Água, Lisboa.
- Field, D., (1985), "Science. Process and Discovery", Addison-Wesley Publishers, Canadá.
- Fleming, R.W., (1987), "High-School Graduates' Beliefs about Science-Technology-Society, part II", Science Education, 71(2):163-186.
- Fourez, G., (1992), "La Constrution des Sciences", De-Boeck-Wesmael, 2^a ed., Bruxelles.
- Fullmer, J.Z., (1975), "Davy's Priority in the iodine dispute:Further documentary evidence", Ambix, vol 22, Part I, p.39-51.
- Furió Mas, C.J., (1994), "Tendencias actuales en la formación del profesorado de Ciencias", Enseñanza de las Ciencias, 12(2), p.188-199.
- Gagliardi, R., (1988), "Cómo Utilizar la Historia de las Ciencias en la Enseñanza de las Ciencias", Enseñanza de las Ciencias, 6(3):291-296.
- Gagliardi, R., Giordan, A., (1986), "La Historia de las Ciencias: una herramienta para la enseñanza", Enseñanza de las Ciencias, 4(3), p.253-258.

- Gallagher, J.J., (1991), "Prospective and Practicing Secondary School Science Teacher's Knowledge and Beliefs about the Philosophy of Science", Science Education, 75(1), p.121-133.
- Garrison, J.W., Bentley, M.L., (1990), "Teaching Scientific Method: the logic of Confirmation and Falsification", School Science and Mathematics, 90(3):188-197.
- Gil, D., Paya, J., (1982), "Los Trabajos Practicos en la Ensenanza de la Fisica (I e II)", Primeiras Jornadas de Investigación y Renovación de la Fisica e Quimica en el BUP y COU, Dep. Educação de Didácticas das Ciências, Valência.
- Gil Pérez, D., (1992), "Contribucion de la Historia y Filosofia de las Ciencias a la Transformación de la enseñanza de las Ciencias", Comunicação na International Conference on History of the Physical-Mathematical Sciences and the Teaching of Sciences, Madrid .
- Gil, D., Carrascosa, J., Furió, C., Torregrosa, J.M., (1991), "La Ensenanza de las Ciencias en la Educación Secundaria", Editorial Horsori, Barcelona.
- Giordan, A., et. al. (1978) "Quelle Éducation pour quelle Société ?", Puf, Paris.
- Green, W.J. (1978), "Models and Metaphysics in the Chemical Theories of Boyle and Newton", Journal of Chemical Education, 55 , 7, p. 434-436.
- Habermas, J., (1968), "Técnica e Ciência como Ideologia", Edições 70, 1994.
- Harrison, B., Ramsden, P., (1992) " Where do we start from, theory or practice ?", Hodder e Stoughton, cap.2, Open University.
- Hart, E.P., Robottom, I.M., (1990), " The Science-Technology-Society Movement in Science Education: A Critique of the Reform Process", J.R.S.T., 27(6): 575-588.
- Hill, G., Holman, J., Lazonby, J., Raffan, J., Waddigton, D. (1989) "Chemistry: The Salters' Approach", Heinemann Educational Books Ltd.

- Hodson, D., (1982), "Is there a scientific method ?", Education in Chemistry, Julho, p.112-116.
- Hodson, D., (1985), "Philosophy of Science, Science and Science Education", Studies in Science Education, 12:25-57.
- Hodson, D., (1988), "Toward a Philosophically More Valid Science Curriculum", Science Education, 72(1):19-40.
- Ihde, A.J., (1984), "The Development of Modern Chemistry", Dover Publications Inc., N.Y.
- Jaffe, B., (1976), "Crucibles: The Story of Chemistry", 4^aed., Dover Publications Inc., N.Y.
- Jenkins, E.W., (1994), "Public Understanding of Science and Science Education for action", J.Curriculum Studies, 26(6):601-611.
- Jiménez, M., Gallardo, C., (1992), "Aproximacion a la Didactica de las Ciencias desde la Filosofia de la Ciencia", Comunicação apresentada no Encontro "Las Didacticas Especificas en la Formación del Profesorado", Santiago de Compostela.
- Kauffman, G.B., (1973), "Alfred Werner's Theory of Acids, Bases and Hydrolysis", Ambix, vol XX, 1, p.53-66.
- Kauffman, G.B., (1988a), "Svante August Arrhenius, Swedish Pioneer in Physical Chemistry", Journal of Chemical Education, 65 , 5, p.437-438.
- Kauffman, G.B., (1988b), "The Bronsted-Lowry Acid-Base Concept", Journal of Chemical Education, 65, 1, p.28-31.
- Kauffman, G.B., (1989), "History in the Chemistry Curriculum", Interchange, vol 20, 2, p.81-94.
- Kimball, M., (1968), "Understanding the Nature of Science: a comparison of scientists and science teachers", J.R.S.T., 5: 110-120.

- Klopfer, L., (1969), "The Teaching of Science and the History of Science", J.R.S.T., vol 6, p.87-95.
- Knutton, S., (1983) "Chemistry Textbooks - are they readable ?", Education in Chemistry, 20(3): 100-105.
- Kolb, D., (1978), "Acids and Bases", Journal of Chemical Education, 55 , 7 , p. 459-464.
- Kuhn, T., (1962), "Historical Structure of Scientific Discovery", Science , vol.136, p.760-764.
- Kuhn, T., (1970), "La Structure des Révolutions Scientifiques", 2^aed., Flammarion, Paris.
- Kuhn, T., (1977), "A Tensão Essencial: tradição e inovação na investigação científica", in Tensão Essencial, Edições 70, Lisboa.
- Le Grand, H.E. (1973), "A note on fixed air: the universal acid", Ambix, XX, 2, p. 88-94.
- Lederman, N.G., (1992), "Student's and Teachers' Conceptions of the Nature of Science: a Review of the Research", J.R.S.T., 29(4):331-359.
- Leicester, H.M. (1971), "The Historical Background of Chemistry", Dover Publications, N.Y.
- Leonard, W.H., Penick, J.E., (1993), "What's Important in Selecting a Biology Textbook ?", The American Biology Teacher, 55(1):14-19.
- Lopes, A.M.M., (1994), "Análise das Concepções Epistemológicas dos alunos universitários - Estudo Piloto", Faculdade de Psicologia e Ciências da Educação - Dissertação de Mestrado.
- Magalhães, A.M., Tomás, T.L., "Compêndio de Química", Livro Oficial para o 7ºano Liceal, 1966.

- Magalhães, M.C.F., (1991), "A Química na Reforma Curricular dos Ensinos Básico e Secundário", Boletim da S.P.Q., 46: 47-50.
- Mahan, B., (1978), "Química - um curso universitário", Editora Edgard Blucher Ltd, S.Paulo.
- Marco, B., (1992), "Historia de la Ciencia", Materiales 12-16 para Educacion Secundaria, Ministerio de Educacion y Ciencia, Narcea, Madrid.
- Matthews, M., (1989), "A Role for History and Philosophy in Science Teaching", Interchange, vol20, 2, p.3-15.
- Matthews, M., (1992), "History, Philosophy and Science Teaching: The Present Rapprochement", Science & Education, 1, p. 11-47.
- Matthews, M., (1994a), "Historia, Filosofia y Ensenanza de las Ciencias: La aproximación actual", Ensenanza de las Ciencias, 12(2):255-277.
- Matthews, M., (1994b), "Science Teaching. The Role of History and Philosophy of Science", Routledge, New York.
- Matthews, M., (1994c), "Vino viejo en botellas nuevas: un problema con la epistemologia constructivista", Ensenanza de las Ciencias, 12(1):79-88.
- Meichtry, Y.J., (1993), "The Impact of Science Curricula on Student Views about the Nature of Science", J.R.S.T., 30(5), p.429-443
- Mulkey, L.M., (1987), "The use of a sociological perspective in the development of a Science Textbook Evaluation Instrument" Science Education, 71(4):511-522.
- Neto, A.J., Valente, M., (1991), "A História da Ciência no ensino da Física: Breves reflexões sobre a situação portuguesa", Revista Portuguesa de Educação, 4(2), p.59-67.
- Neville, R.G., (1961), "The Sceptical Chemist, 1661 - a tercentenary tribute", Journal of Chemical Education, 38 , 3 , p. 106-109.

- Nielsen, H., Thomsen, P.V., (1990), "The Incorporation of History and Philosophy of Science in Physics Education in Denmark", The Australian Science Teachers Journal, 36(1):27-33.
- Otero, J.C., Campanario, J.M., (1990), "Comprehension Evaluation and Regulation in learning from Science Texts", J.R.S.T. , 27(5):447-460.
- Paixão, M.S.S., (1994), "O Estudo dos alunos por textos de Química: caracterização e contributos para a Formação de Professores", Tese de Dissertação, Universidade de Aveiro.
- Partington, J.R., (1972) , "A History of Chemistry", vol IV, The Macmillan Press Ltd, London.
- Piel, E.J., (1981), "Interaction of Science, Technology and Society in Secondary School ", in N.C.Harms & R.E.Yager (Eds), What research says to science teacher (vol3, p.94-112), Washington, D.C.: National Science Teachers Association
- Popper, K., (1987), "O Realismo e o Objectivo da Ciência", vol.I, Biblioteca de Filosofia, Publicações D.Quixote, Lisboa.
- Popper, K.R., (1972), "A Lógica da Pesquisa Científica", São Paulo , Cultrix (obra original publicada em 1938).
- Porrúa, J.C., Perez-Froiz, M., (1994), "Epistemología y Formación del Profesorado", Actas do IV Encontro Nacional de Docentes de Ciências da Natureza, Universidade de Aveiro.
- Posner, G.J., Strike, K.A., Hewson, P.W., Gertzog, W.A., (1982), "Accommodation of a scientific concept:toward a theory of conceptual change", Science Education, 66(2): 211-227.
- Praia, J.F., Cachapuz, A.F., (1994a), "Para uma reflexão em torno das concepções epistemológicas dos professores de Ciências, ensinos Básico (3ºCiclo) e Secundário: um estudo empírico", Revista Portuguesa de Educação, 7(1e2): 37-45.

- Praia, J.F., Cachapuz, A.F., (1994b), "Un análisis de las concepciones acerca de la naturaleza del conocimiento científico de los profesores portugueses de la enseñanza de las ciencias", *Enseñanza de las Ciencias*, 12(3):350- 354.
- Praia, J., (1995), "Formação de Professores no Ensino da Geologia: contributos para uma didáctica fundamentada na epistemologia das ciências. O caso da deriva Continental.", Tese de Doutoramento , Universidade de Aveiro.
- Programa da Disciplina de Físico-Químicas, 3ºCiclo, Departamento da Educação Básica, Ministério da Educação, 1995.
- Programa da Disciplina de Ciências Físico-Químicas (10º e 11º), em regime de experiência, Departamento do Ensino Secundário, 1993.
- Programa da Disciplina de Ciências Físico-Químicas (10º e 11º), Departamento do Ensino Secundário, 1995.
- "Projecto Física", Fundação Calouste Gulbenkian, Lisboa, 1978.
- Reichen, C., (1966), "História da Química", Coleção Ciência Ilustrada, Livraria Morais Editora.
- Richaudeau, F., (1979), "Conception et Production des Manuels Scolaires", UNESCO .
- Ruperéz, F.L., (1995), "Una Nueva Fuente de Inspiración para la Educación Científica", *Enseñanza de las Ciencias*, 13(2):249-256.
- Rutherford, F.J., Ahlgren, A., (1995), "Ciência para Todos", Gradiva, Lisboa.
- Santos, M.E., (1991), "Mudança Conceptual na sala de aula - um desafio pedagógico", Livros Horizonte, Lisboa.
- Santos, M.E., (1994), "Formação de professores no domínio de uma Alfabetização Científica e Tecnológica ?", *Actas do IV Encontro Nacional de docentes de Ciências da Natureza*, Universidade de Aveiro.

- Santos, E.M., Praia, J.F., (1992), "Percurso de mudança na Didáctica das Ciências: sua fundamentação epistemológica", in Ensino das Ciências e Formação de Professores, Projecto MUTARE, Universidade de Aveiro.
- Schon, D., (1987), "Educating the Reflective Practitioners toward a new design for teaching and learning in the professions", Jossey-Bass Inc.Pub., S.Francisco.
- Seabra, V.C., "Elementos de Chimica", Reprodução fac-similada da edição impressa em Coimbra em 1788 e 1790, Universidade de Coimbra, 1985
- Sequeira, M., Leite, L., (1988), "A História da Ciência no ensino-aprendizagem das Ciências", Revista Portuguesa de Educação, 1(2), p. 29-40.
- Shulman, L., (1992), "Reviewing the Pedagogy of teacher Education:the impact of subject-specific conceptions of teaching", in Mesa, L. e Jeremias, J. Didácticas Específicas en la Formación del Profesorado, Tórculo Edición.
- Stinner, A., (1992), "Science Textbooks and Science Teaching: From logic to evidence", Science Education, 76(1), p.1-16.
- Solbes, J., Vilches, A. (1989), "Interacciones Ciencia/Técnica/Sociedad: un instrumento de cambio actitudinal", Enseñanza de las Ciencias, 7(1):14-20.
- Solbes, J., Vilches, A., (1992) "El modelo constructivista y las relaciones C/T/S", Enseñanza de las Ciencias, 10(2): 181-186.
- Solomon, J., Duveen, J., Scott, L., (1994), "Pupils' Images of Scientific Epistemology", Int.J. Sci.Educ., 16(3):361-373.
- Solomon, J., Duveen, J., Scot, L., McCarthy, S., (1992), "Teaching About the Nature of Science through History: Action Research in the classroom", J.R.S.T., 29(4): 409-421.
- Soong, B.C., Yager, R.E., (1993), "The inclusion of STS material in the most frequently used secondary science textbooks in U.S.", J.R.S.T., 30(4), p.339-349.

- Szabadváry, F., (1964a), "Indicators - a historical perspective", Journal of Chemical Education, vol 41, 5 , p.285-287.
- Szabadváry, F., (1964 b), "Development of the pH concept - a historical survey", Journal of Chemical Education, vol41, 2, p.105-107.
- Tamir, P., (1985), "Content Analysis Focusing on Inquiry", J. Curric. Studies, 17(1): 87-94.
- Vala, J., (1986), "A Análise de Conteúdo", in Metodologia das Ciências Sociais, 8ª ed., Edições Afrontamento.
- Valente, M.O., et. al. (1989), "Manuais Escolares - Análise da Situação", Gabinete de Estudos e Planeamento, Lisboa.
- Vidal, B., (1986), "História da Química", Biblioteca Básica de Ciência, Edições 70 , Lisboa.
- Yager, R.E., (1983), "The importance of terminology in teaching k-12 Science", J.R.S.T., 20: 577-588.
- Yager, R.E.; (1984), "The Major Crisis in Science Education", School Science and Mathematics, 84(3): 189-198.
- Yore, L.D., (1991), "Secondary Science Teachers' Attitudes Toward and Beliefs about reading and Science Textbooks" , J.R.S.T., 28(1): 55-72.
- Zeichner, K.M., (1993), "A Formação Reflexiva de Professores: Ideias e Práticas", EDUCA, Lisboa.
- Watts, M., (1992), "Children's learning of difficult concepts in Chemistry", in The Hodder & Stoughton + The Open University, cap.15 , London.

ANEXO 1

MANUAIS DE QUÍMICA ANALISADOS OU CITADOS NESTE ESTUDO

MANUAIS DE QUÍMICA ANALISADOS OU CITADOS NESTE ESTUDO

- ME 1 - Maciel,N.,Miranda,A. " Eu e a Química", 8º ano de escolaridade, Caderno de Actividades "Eu no Labnoratório de Química", Disquete que acompanha o manual, Porto Editora, 1994.
- *ME 2 - Lourenço, M.G., Tadeu, V., "Química",10º ano de escolaridade, Porto Editora, 1994.
- ME 3 - Fiolhais,C. ,Valadares,J., Silva,L., Teodoro,V., "Química - 8ºano", Manual de Actividades, Didáctica Editora,1994.
- *ME 4 - Corrêa,C., Nunes,A., Almeida,N. ,"Química - 10º", Porto Editora, 1994.
- ME 5 - Mendonça,L.S., Ramalho,M.D., "Química- 8º ano", Texto Editora, 1994.
- ME 6 - Fernandes,M.B., Graça,O.C., Santos,R.M., "Química - 8º", Lisboa Editora, 1994.
- ME 7 - Faria,A.M., Domingues,L., Ribeiro,L., Ribeiro,M.I., "CFQ - Química 8º ano", Raiz Editora, 1994.
- ME 8 - Dias,F.M., Rodrigues,M.M., Cavaleiro,M.N., "Química na Escola", 8º ano, Edições ASA, 1994.
- ME 9 - Teixeira,M.E.A., Martins,M.A.C., "Nova Química 8", Areal Editores, Porto, 1994.
- ME 10 - Cruz,M.N., Martins,I.P., "Química Hoje", 8ºano, (com Caderno de Actividades e Guia para o Professor), Porto Editora, Porto, 1994.
- ME 11 - Pereira,A., Gonçalves,C., "Eu Gosto de Química", 8ºano, Texto Editora, 1994.
- *ME 12 - Nunes dos Santos,A.M., Teodoro,V.D., "Química-10º", Didáctica Editora, 1994.
- ME 13 - Fernandes,M.B., Graça,O.C., "Química-10º", Lisboa Editora, 1994.
- *ME 14 - Pereira,A., Camões,F., "Química - 10ºano", Texto Editora, 1994.
- ME 15 - Gil,V.M.S., "Química 10º ano" , Plátano Editora, 1994.

(*) Seleccionado para análise

ANEXO 2

A HISTÓRIA DA QUÍMICA E O TEMA ÁCIDO-BASE

UM GUIA PARA PROFESSORES

INTRODUÇÃO

Este guia tem por objectivo apoiar os professores de Física e Química (F.Q.) no uso da História da Química nas suas aulas, concretamente em relação ao tema Ácido-Base.

O uso da História da Ciência (HC) no ensino das ciências tem sido defendido por diversos autores (Matthews, 1989, 1992, 1994; Kauffman, 1989; Gagliardi & Giordan, 1986; Bybee et al, 1991; Sequeira & Leite, 1988; Neto & Valente, 1991; Amorim da Costa, 1983; entre outros).

Aponta-se como uma das finalidades do Programa Oficial dos Cursos Complementares:

"Sensibilizar os alunos para a natureza dinâmica da Ciência através da reflexão sobre a História das ideias em Física e Química."

Por outro lado, nas reflexões sobre o programa a propor (Programa em regime de experiência), considera-se como fundamental :

"Cuidar do enriquecimento cultural do jovem, dando a conhecer pormenores formativos relativamente à História da Física e da Química."

Uma das maiores dificuldades à utilização da HC, no ensino da Física e Química, radica na ausência de formação dos professores nesta área, dado que, a maioria dos curriculos universitários não incluem cadeiras de História e Filosofia da Ciência nos seus programas de formação inicial de professores. Por outro lado, a ausência de materiais e publicações portuguesas sobre a matéria, torna muito difícil a utilização da HC, mesmo pelo professor interessado em o fazer.

Os manuais escolares de Física e Química, embora utilizem a HC, fazem-no de uma forma factual, referindo, quase exclusivamente, datas e dados biográficos relativos a cientistas. A análise feita pelo autor deste Guia, a quatro manuais de Química do 10ºano, sobre o tema ácido-base, indica isso. Nenhum dos manuais analisados utiliza um período de controvérsia científica para mostrar como foram construídos os conceitos e as teorias de ácido-base, nem mostra o papel da comunidade científica na construção daquelas teorias.

Em alguns manuais, onde se apresenta a evolução histórica de um conceito e/ou teoria, é frequente analisá-las à luz dos conhecimentos actuais, apresentando-os aos alunos, como errados. Ao utilizar a História da Ciência no ensino da Física e da Química, é importante inserir os cientistas e as suas teorias, no ambiente sócio-cultural da época, mostrar a dependência do seu trabalho dos avanços e recuos da comunidade científica do seu tempo e o papel importante da controvérsia com as outras teorias concorrentes. Só assim, os alunos se poderão aperceber do carácter provisório das teorias actualmente aceites, das características da actividade científica e das relações da Ciência com as outras áreas do saber, em cada época histórica.

A utilização da HC nas aulas de Química requer uma cuidadosa selecção de materiais históricos, a fornecer aos alunos, assim como adequadas estratégias para a sua exploração. Têm sido apontadas diversas estratégias para o uso da HC nas aulas de ciências (Klopfer, 1969), como por exemplo, o estudo de casos históricos, a realização por parte dos alunos de experiências cruciais, estudo crítico de textos originais de investigadores ou a leitura de biografias de cientistas.

Pretende-se fornecer aos professores de FQ, dados históricos e indicações bibliográficas sobre os conceitos e teorias de ácido-base, no sentido de realizarem a referida selecção de materiais históricos e, sentirem-se mais seguros na utilização das fichas de trabalho com abordagem histórica.

A escolha e o desenvolvimento dado aos diferentes períodos históricos teve em consideração a sua importância para a controvérsia em torno dos conceitos e teorias de ácido-base e o seu interesse didáctico. Embora os períodos mais

importantes, para alunos do Curso Complementar, sejam o final do séc. XIX (teoria de Arrhenius) e o séc XX (teoria de Bronsted-Lowry e Lewis), achou-se que o desenvolvimento de períodos anteriores, tinha interesse, quer para aqueles alunos, quer para os do Ensino Básico.

I - DA ANTIGUIDADE ATÉ AO SÉC. XIV/ XV

A classificação de substâncias em ácidos e bases é muito antiga, remonta aos primórdios da própria Química. Para os antigos Egípcios, Gregos e Romanos, ácidos eram substâncias com sabor azedo. A par destas substâncias que chamavam ácidos, classificaram outras substâncias em bases. A palavra "base" deriva da palavra árabe "al Kali", que significa cinzas de plantas. Alcalis eram substâncias com capacidade para anular as propriedades dos ácidos. Consideraram-se bases substâncias como a "potassa"(carbonato de potássio), obtida das cinzas da madeira, a "soda" (carbonato de sódio) e a cal (óxido de cálcio).

Neste período, há a destacar o trabalho dos alquimistas e dos árabes que, no fundamental, procederam à preparação e utilização de alguns ácidos minerais.

Os maiores alquimistas árabes foram Geber (séc VIII) e Rhases (séc.X), sucessor do primeiro. Geber foi dado como autor de vários livros, onde menciona o ácido sulfúrico, a preparação do ácido nítrico e da "água régia", obtida por dissolução do cloreto de amónio em ácido nítrico. Rhases preparou o "óleo de vitríolo" (ácido sulfúrico), a partir do vitríolo verde, ou seja, do sulfato de ferro.

A influência dos árabes na Europa Ocidental foi grande e, no séc.XII, quando as suas obras começaram a ser conhecidas, já sabiam preparar o sal amoníaco, a "água forte" (ácido nítrico), o "espírito de sal" (ácido clorídrico) e a "água régia" (ácido nítrico mais clorídrico), cujas propriedades de dissolver o ouro, eles conheciam (Ihde, 1984, p.18).

Entre os grandes alquimistas do Ocidente podemos destacar Alberto Magno (1193-1280), cujo sucesso na Suborne - Universidade de Paris foi extraordinário, e que estudou a acção do ácido nítrico sobre os metais (Reichen, 1966).

Muitos outros exemplos poderiam ser citados, no que diz respeito ao trabalho dos alquimistas e árabes.

Neste período histórico, as teorias dominantes, utilizadas pelos alquimistas e árabes, eram a teoria dos quatro elementos, oriunda de Aristóteles, e a teoria dos princípios. Estas teorias tinham uma ambição mais vasta do que dar conta da constituição da matéria, até porque, para os alquimistas, os planetas influenciavam a matéria e nada no Universo era inanimado.

A teoria dos quatro elementos (terra, ar, fogo e água), suficientemente divulgada, teve grande influência em toda a Idade Média.

A teoria dos princípios consistia em considerar a matéria portadora de dois "princípios": o enxofre e o mercúrio. O enxofre correspondia ao princípio masculino, ao que é activo, quente, fixo e duro. O mercúrio ao que é feminino, passivo, frio, volátil e maleável. Paracelso (1493-1541), acrescentou a esta teoria um terceiro princípio, o do sal, que tinha como função unir entre si o mercúrio e o enxofre (Vidal, 1986).

Muito havia a dizer sobre este período histórico, concretamente sobre as especulações dos alquimistas e posteriormente sobre a iatroquímica (ligação da alquimia à medicina). Porém, em relação aos conceitos de ácido-base, podemos dizer que, nesta fase, se procede à elaboração de uma lista, cada vez maior, de ácidos e de bases, e ao estudo das suas propriedades. As teorias que irão surgir posteriormente, basearam-se nesta lista construída ao longo de séculos.

Em termos Kuhnianos, poderemos dizer que, para a Química, este período corresponde a uma fase de pré-ciência. Embora se reconheça o importante papel que tiveram os alquimistas e Árabes no surgimento da Química, como ciência, o resultado global dos seus trabalhos não era ainda ciência química. A observação e a experiência, faziam-se, nesta época, de forma muito mais acidental e com objectivos utilitários, do que guiada por determinadas teorias.

As teorias dos 4 elementos e dos princípios, tinham mais um sentido místico e cosmológico, do que o de servirem de guias para a experimentação.

II - A REVOLUÇÃO NA QUÍMICA NO SÉC.XVII

ROBERT BOYLE E O USO DE INDICADORES

No seu livro "Experimental History of Colours" (1664), Robert Boyle descreve um conjunto de experiências simples sobre o uso dos indicadores de ácido-base. Boyle constatou que, por exemplo, um vulgar ácido torna vermelho o "xarope azul de violetas", e uma base torna-o verde. Outras experiências com extractos de vegetais, como por exemplo, bagas de alfena (*ligustrum vulgare*), bagas de espinheiro (*rhamnus cathartica*), centaurea azul (*centauris cyanis*) e tornesol (*crozophora tinctoria*), revelaram mudanças de cor semelhantes, quando em solução ácida ou alcalina. O tornesol atrás referido, não tem nada a ver com a tintura azul de tornesol, muito comum nos nossos laboratórios. Este último é extraído de líquens do género *Rocella*. O tornesol da Idade Média era extraído de uma planta herbácea - *crozophora tinctoria*. Este tornesol foi bastante usado nos sécs. XV, XVI e XVII pelos tintureiros, pelos pintores e também como corante para a culinária e para os vinhos (Eamon, 1980).

Embora estas reacções acompanhadas com mudança de cor da solução, já fossem conhecidas no tempo de Boyle, este foi o primeiro a reconhecer a importância daqueles indicadores para a Química.

Boyle também constatou que algumas substâncias não causavam qualquer mudança de cor na presença daqueles indicadores, o que o levou a classificá-las de neutras.

Surge assim, com R. Boyle, a mais antiga definição operacional de ácido, que estabeleceu, entre outras características, a sua propriedade de tornar vermelho os extractos de algumas plantas. No seu livro já citado, Boyle descreve da seguinte maneira a acção de um indicador: "Tome um bom xarope de violetas, impregnado com a tintura das flores, e deixe cair um pouco num papel branco (desta maneira a mudança de cor será mais notória e a experiência realizada com pequenas quantidades), e sobre ele deixe cair duas ou três gotas de "espírito de sal" (HCl) ou

vinagre ou qualquer outro conhecido licor ácido, e após esta mistura constatará que o xarope se torna imediatamente vermelho" (Boyle, "Works", in Szabadváry, 1964a).

No século seguinte, constatou-se que vários indicadores não actuavam precisamente da mesma maneira, na presença de vários ácidos. Por exemplo, Fontana, em 1775, notou que as águas carbonadas avermelham o tornesol, mas não o xarope de violetas. O sueco Bergman, no mesmo ano, chegou à mesma conclusão: "Os extractos azuis de plantas mostram diferentes graus de sensibilidade aos ácidos... obtem-se uma progressão útil para comparar a força relativa dos ácidos " (in Szabadváry, 1964 b). Esta ideia é muito importante já que não está longe dos princípios dos modernos métodos colorimétricos de determinação do pH.

Investigações recentes (Eamon, 1980) mostraram que já existia, no tempo de Boyle, uma abundante literatura sobre a análise de soluções aquosas e as suas mudanças de cor. Curiosamente estes escritos não são mencionados por Boyle.

É razoável supor, que os trabalhos de Boyle se basearam na informação empírica acumulada pelos tintureiros e pintores que possuíam uma grande experiência com mudanças de cor. Eles sabiam, empiricamente, que certas plantas podiam ser utilizadas para obter um conjunto de cores, dependendo isso da estação do ano em que eram colhidas e dos solventes utilizados.

O mais versátil corante utilizado na Idade Média era o "fólio", cuja preparação era feita a partir do extracto de cor púrpura da planta *crozophora tinctoria* - o tornesol. Pedacos de linho eram embebidos neste extracto e depois postos a secar. Quando os pedacos de linho seco eram introduzidos em água, produziam uma solução de cor vermelha. Esta cor podia ser avivada juntando vinagre para aumentar a acidez do meio. Porém, se o linho era previamente tratado com suficiente "água de cal", para neutralizar a acidez natural do extracto da planta, ficava com uma cor violeta. Estes pedacos de linho de cor violeta, podiam originar um azul pálido se tratados com urina, aumentando assim a sua alcalinidade.

Estes pedaços de pano, preparados de antemão e armazenados, eram uma fonte de cor para os tintureiros e pintores medievais.

Embora Boyle não o tenha referido nos seus escritos, é de admitir, que a ideia de embeber papel em "xarope de violetas" e utilizá-lo para testar as características ácidas, básicas ou neutras das soluções, foi inspirada na técnica do "fólio" usada pelos pintores e tintureiros medievais. De facto, no livro "Experimental History of Colours", Boyle refere: "Muitas experiências foram-nos proporcionadas pela indústria da tinturaria". Estamos perante um bom exemplo das relações que existiram entre a tecnologia e a ciência no séc. XVII.

Se, por um lado, as investigações de Boyle sobre o uso de indicadores de ácido-base, se basearam nos conhecimentos empíricos dos artesãos, elas mostram-nos que o empiricismo da arte medieval tinha fortes limitações, se não fosse acompanhado da compreensão teórica que o trabalho de Boyle lhe proporcionou.

Como diz Eamon (1980), "sem teoria que o guiasse, o artesão podia apenas experimentar esta ou aquela técnica ou ingrediente, no seu esforço de atingir a perfeição". Boyle estava consciente disto, e expressou a sua convicção de que os princípios científicos aplicados à técnica promoveriam o desenvolvimento industrial.

Do ponto de vista industrial, Guyton de Morveau, em 1782, foi o primeiro a usar indicadores; ele necessitava de um método que pudesse ser usado por qualquer trabalhador, no sentido de estabelecer o ponto final da neutralização do ácido nítrico, na produção do nitrato de potássio (Szabadvary, 1964 a).

A visão de Boyle de aplicar o conhecimento científico ao desenvolvimento da indústria, era de certa maneira profética. De facto, dois séculos depois, a síntese da anilina iria proporcionar a produção de corantes artificiais de uso, hoje em dia, generalizado.

A produção de indicadores artificiais teve um enorme desenvolvimento na segunda metade do séc.XIX. O primeiro indicador artificial, com sucesso, foi a fenolftaleína, proposto por E. Luck em 1877. No ano seguinte, G.Lunge propôs o alaranjado de metilo. Em 1893, já eram conhecidos 14 indicadores sintéticos.

R. Boyle destaca-se dos seus contemporâneos, para os quais a química era uma "arte" empírica e considerada um apêndice da medicina. O seu trabalho não se limitou à experimentação, antes pelo contrário, ele guiou-se sempre pela teoria a que chamava de "Filosofia Corpuscular". De facto, a revolução química do séc XVII, enquadra-se na revolução mais geral no campo da Física, Astronomia e das novas concepções sobre o Universo. R. Boyle foi o principal divulgador, em Inglaterra, da teoria corpuscular e é fortemente marcado pelo mecanicismo cartesiano. O objectivo de Boyle era interpretar mecanicamente as reacções químicas, partindo da ideia de matéria e movimento. A controvérsia científica era bastante acesa, no seu tempo, e ele foi um tenaz opositor à teoria aristotélica dos "quatro elementos" (terra, água fogo e ar) e à teoria dos "três princípios" (sal, enxofre e mercúrio) oriunda de Paracelso.

Esta tarefa culminou com a publicação, em 1661, do seu famoso livro "The Sceptical Chymist" onde, sob a forma de diálogo entre os apoiantes das teorias aristotélicas, de Paracelso e Carneades - o químico céptico (o próprio Boyle), se veicula uma nova visão da química. É de realçar, que a estrutura deste livro, muito em voga no séc. XVII, é semelhante à do "Diálogo dos Grandes Sistemas" escrito por Galileu, onde se combatem as teorias aristotélicas no campo da Física.

Na comemoração dos 300 anos do livro de Boyle, Neville (1961) conclui : "Boyle começa por questionar as tão divulgadas teorias dos quatro elementos e a dos três princípios. Numa série de brilhantes experiências ele demonstra, de forma conclusiva, que aquelas teorias são falaciosas e totalmente inadequadas. Ele mostra que as reacções químicas são melhor compreendidas se postularmos que a matéria é constituída por corpúsculos e conjuntos de corpúsculos, em constante movimento. Uma reacção ocorre, e formam-se novas substâncias, porque átomos de menor afinidade são deslocados por átomos de maior afinidade. As reacções de decomposição dupla são assim explicadas... Boyle foi a primeira pessoa a elevar a Química à dignidade de uma ciência."

Esta nova visão do mundo, influenciada por Descartes e Bacon, parte de três importantes pressupostos:

- os princípios mecânicos da matéria e do movimento;
- simplicidade da Natureza (princípio da parcimónia);
- o princípio segundo o qual as leis que se aplicam ao macrocosmos também são aplicáveis ao microcosmos.

Assim, a versão de Boyle, pode ser sintetizada da seguinte maneira (Green, 1978):

- 1) A matéria é extensa, divisível e impenetrável, e foi posta em movimento por Deus.
- 2) A matéria primeira existe na forma de corpúsculos; estes são os blocos da construção da Natureza.
- 3) As propriedades secundárias como o cheiro, o gosto, a côr, podem ser atribuídas ao tamanho, forma e movimento desses corpúsculos.

Boyle interpreta, por exemplo, e ao contrário de Aristóteles, o calor de dissolução por uma mudança da textura resultante da acção do líquido sobre o sal; as reacções de precipitação são interpretadas postulando uma maior congruência entre as partículas do precipitado, devido ao seu tamanho, forma e movimento; o comportamento higroscópico é interpretado admitindo que as partículas do sal têm uma forma adequada dos seus poros para aceitar água.

O uso de modelos analógicos é muito frequente em Boyle; ele fala do mundo como de uma máquina, comparável a um relógio (analogia do relógio). "Assim como as propriedades observáveis do relógio têm a ver com a configuração das engrenagens no seu interior, assim também as propriedades físicas e químicas da matéria dependem da configuração dos seus corpúsculos" (Green, 1978).

Para mostrar que um arranjo diferente dos corpúsculos pode originar uma nova substância, Boyle usa a analogia da chave e da fechadura. Os peripatéticos (defensores das teorias de Aristóteles) insistiam que o ar resistia à compressão devido à antipatia entre as partículas. Boyle, usando a analogia das molas, defendia

que os corpúsculos tinham propriedades semelhantes às das molas, quando eram forçados a compartilhar um pequeno volume (influência dos trabalhos de Hooke sobre as molas elásticas).

As analogias utilizadas pelos cientistas estão relacionadas com o contexto sócio-cultural e com o desenvolvimento das outras áreas do saber. É notório o enorme peso da Física sobre a Química, no séc.XVII, assim como a influência da filosofia de Descartes. Boyle, ao introduzir o conceito de afinidade, vai iniciar a separação entre a Química e a Física.

O trabalho de R. Boyle não surge isolado na sua época, antes pelo contrário, ele insere-se no conjunto da actividade científica de diversos químicos, seus contemporâneos, que realizaram diversa experimentação e elaboraram teorias químicas, algumas contrárias aos pontos de vista de Boyle e outras mais de acordo com a já referida "filosofia corpuscular". No que diz respeito aos conceitos e teorias de ácido-base, podem referir-se os seguintes trabalhos da comunidade científica na época de Boyle (Leicester, 1971; Kolb, 1978) :

- Glauber (1604-1670) interessou-se bastante pela metalurgia e pela produção de ácidos, bases e sais. Defendeu que os sais eram constituídos por duas partes, uma resultante do ácido e a outra de um metal ou do seu óxido. Reconheceu que os ácidos têm "forças" diferentes e entendia uma reacção de neutralização como uma batalha: "O licor fixo (KOH ou sol. de K_2CO_3) e o "espírito de ácido nítrico" (HNO_3) são na sua natureza... completamente diferentes, inimigos e adversários um do outro... e quando são postos em contacto... e uma das partes se sobrepõe e mata a outra, nem o abrasador licor nem o espírito ácido pode ser encontrado nos seus corpos mortos, mas sim algo que é constituído como eles eram antes, normalmente chamado "saltpeter" (KNO_3)". Glauber ficou conhecido pela descoberta do ácido clorídrico, que obteve fazendo reagir ácido sulfúrico com sal comum (NaCl). Hoje em dia, este processo ainda é a forma mais fácil de produzir aquele ácido. O resíduo da reacção ficou conhecido por "sal de Glauber".

- Otto Tachenius (1620-1690) e François Sylvius (1614-1672) tentaram simplificar a química dos processos da vida, reduzindo todas as reacções químicas, que ocorrem no interior de todos os organismos vivos, a reacções de ácido-base (teoria dualista). Tachenius, chegou mesmo a defender a teoria, segundo a qual todas as substâncias ou são ácidos ou bases, e que todas as reacções químicas são reacções de neutralização.

- Nicolas Lémery (1645-1715), que publicou um manual de química muito popular em Paris, em 1675, era um defensor da teoria corpuscular, como Boyle. É-lhe atribuída a mais antiga teoria para explicar o mecanismo das reacções de neutralização. Segundo esta teoria, os ácidos seriam constituídos por partículas pontiagudas e as bases por partículas arredondadas. Quando ácidos e bases eram misturados, as pontas das partículas do ácido penetravam nos poros das partículas das bases, originando partículas de sal.

Podemos concluir que no séc XVII, se assiste a uma verdadeira revolução na Química, que era uma parte da revolução mais geral que ocorreu nas ciências experimentais. As antigas doutrinas místicas foram combatidas e a ideia de átomos foi firmemente estabelecida, embora a sua aceitação pela comunidade científica só tivesse ocorrido mais de um século depois. O trabalho laboratorial tomou um lugar mais importante na Ciência e os químicos associaram-se em fortes grupos, sendo de realçar a interajuda e a crescente comunicação entre alguns desses grupos. Embora se identifique, normalmente, a "Revolução Química" com a época de Lavoisier, pode-se afirmar que no séc. XVII se desenvolveu uma metodologia e uma nova visão dos fenómenos químicos, que preparou o caminho para as grandes transformações que se operaram um século depois.

O exemplo de ligação entre o cientista, a indústria artesanal e os interesses económicos, na época de Boyle, contraria a ideia, demasiado espalhada, que as teorias científicas surgem independentemente do contexto cultural e tecnológico em que são construídas.

R. Boyle e a sua ligação à indústria da tinturaria traduzem as relações entre Ciência/Tecnologia, e vice-versa, naquela época.

A técnica da tinturaria e da pintura, no séc. XVII, tinha um desenvolvimento autónomo da Ciência, com sucesso prático, como vimos. Isto contraria a ideia, correntemente divulgada, de que a Técnica

é Ciência aplicada. Porém, a ligação da Química à indústria artesanal, permitiu a esta um maior avanço e eficácia (por ex. os indicadores de ácido-base começaram a ser usados industrialmente).

Hoje em dia, as relações entre C/T são bem mais complexas. A actividade científica não está desligada da actividade industrial, que criou a sua própria investigação, muitas vezes mantida em segredo devido à concorrência. A Ciência do séc.XX não está desligada de um todo tecnológico e a instrumentação é cada vez mais determinante na investigação científica. Longe vão os tempos em que o cientista trabalhava sózinho, por vezes em sua casa, e com instrumentos projectados por ele próprio. Hoje, a interdependência entre Ciência e Tecnologia é de tal forma que não existe entre elas qualquer relação de hierarquia. Seria até mais correcto falar de Tecnociência (Fourez, 1992).

Boyle, ao usar modelos analógicos, oriundos da Física, na interpretação dos fenómenos químicos, é um bom exemplo das características subjectivas e ideossincráticas da actividade do cientista. É também exemplo, de que a Ciência não é alheia às outras áreas do saber, isto é, a História da Ciência insere-se no âmbito mais geral da História das Ideias.

III - A BUSCA DO "PRINCÍPIO ACÍDICO" NO SÉC.XVIII

A REVOLUÇÃO LAVOISIANA - O PRINCÍPIO "OXIGINEO"

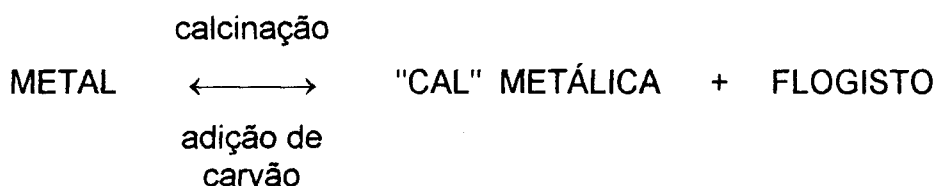
O desenvolvimento da Química, em grande parte do séc.XVIII, é caracterizado, em termos teóricos, pelo domínio da química do "flogisto" e, em termos experimentais, pela importância que assume a química pneumática (estudo dos gases). A revolução química, no final deste século, consistiu, no essencial, na substituição da química do flogisto pela química do oxigénio, estabelecida por Lavoisier. Estas duas teorias pretendiam interpretar à luz de um sistema teórico, todas as observações, experiências e descobertas, realizadas até então. A teoria do "flogisto" deparou, ao longo do século XVIII, com crescentes dificuldades, principalmente a partir do estudo das combustões, sendo definitivamente posta em causa pelos trabalhos de Lavoisier e de outros químicos que o apoiavam.

Quer a teoria do flogisto, quer a química do oxigénio, tinham uma interpretação própria para as características dos ácidos e das bases.

Porém, antes de referirmos algumas teorias flogísticas da acidez, vejamos, muito resumidamente, em que consistia a hipótese do flogisto, associada normalmente a Ernst Stahl (1659-1734). É de notar, que este químico foi influenciado pelas várias "escolas químicas" que o precederam, podendo encontrar-se na sua obra,

influências de Aristóteles, Paracelso e dos iatroquímicos, a quem tanto criticou (Estany, 1990).

O "flogisto" era considerado, de acordo com Stahl, como fogo fixado na matéria. As propriedades dos corpos dependiam da sua composição e da quantidade de "flogisto" neles existente. Segundo esta teoria, o "flogisto" escapa-se dos corpos durante as combustões. Quando se calcina um metal, liberta-se o flogisto e fica uma "cal" (óxido). Pode obter-se novamente o metal, se fizermos reagir a "cal" com um corpo rico em flogisto, como por exemplo o carvão. A combustão de um metal poderá ser esquematizada (Vidal, 1986):



De acordo com o que é, usualmente, tida como a teoria "Stahliana" da acidez, o "ácido vitriólico" (ác. sulfúrico) era considerado como o ácido mais simples, ou mesmo como o ácido "universal", sendo todos os outros ácidos, suas modificações, ou contendo-o em maior ou menor quantidade. O flogisto era um agente "suavizante", dado que a sua combinação com um ácido, de alguma maneira o "neutraliza" ou disfarça as suas propriedades.

Esta busca de um agente ou "princípio ácido", responsável pelas propriedades ácidas, é uma constante em todo o séc.XVIII. Mesmo Lavoisier, na sua teoria dos ácidos, identifica o oxigénio, como veremos, com esse princípio.

A descoberta do "ar fixo" (CO_2) por Joseph Black (1728-1799), e a constatação das suas propriedades ácidas (pelo que foi designado de "ácido aéreo"), levou alguns químicos a propô-lo para "ácido universal" ou "princípio ácido" (Le Grand, 1973).

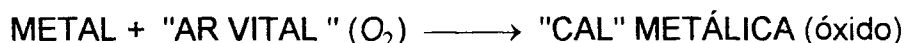
Berthollet (1748-1822) baseado no seu trabalho experimental, concluiu que as propriedades acídicas dos "ácidos vegetais" e do vinagre, eram devidas à presença do "ar fixo", e que este, presente em todos os três reinos, merecia a designação de "ácido universal".

Felice Fontana (1778), descobriu que os ácidos fórmico, acético, tartárico e sacarídeo eram completamente reduzidos a "ar fixo" através do aquecimento. Propôs que todos aqueles ácidos eram meras modificações do "ar fixo puro".

Marsílio Landriani (1781), foi o mais sistemático defensor do "ar fixado" como "ácido universal". Propôs que todos os ácidos podiam converter-se nele (Le Grand, 1973).

A defesa do CO_2 como "princípio ácido", tornou-se uma teoria muito popular junto dos "químicos pneumáticos", alimentando a controvérsia em torno de uma teoria dos ácidos, no tempo de Lavoisier.

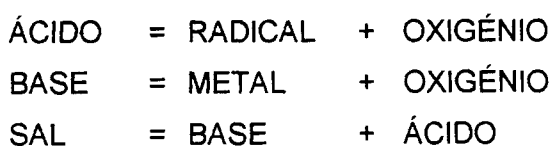
Com a Revolução Química de Lavoisier, nos finais do séc.XVIII, em que a descoberta do oxigénio é o ponto central, surge uma nova interpretação das combustões. Através de uma experiência que ficou famosa, Lavoisier propõe, em 1776, que é o "ar vital" (O_2), existente na mistura atmosférica, que se combina com os metais, durante a sua calcinação, e lhes aumenta o peso. Assim, ao esquema flogístico atrás referido, Lavoisier contrapõe um outro:



Lavoisier constatou que os produtos da calcinação (combustão) do enxofre e do fósforo eram solúveis em água, formando ácidos. Em Novembro de 1779, ele sugere o nome oxigénio, do grego "formador de ácidos", para o "ar vital" ou "ar respirável".

O novo "princípio ácido" passa a ser o oxigénio, ou seja, este seria o elemento comum a todos os ácidos, segundo Lavoisier.

Na controvérsia com os defensores do "ar fixo" como "ácido universal", Lavoisier argumenta, em 1781: "O 'ar fixo' é ácido porque contém oxigénio, o princípio ácido" (in Le Grand, 1973). A teoria de ácido-base de Lavoisier pode ser esquematizada da seguinte maneira (Partington, 1972):



para o desenvolvimento das novas teorias de ácido-base, que iriam surgir no séc.XIX e XX.

A substituição da química do flogisto pela química do oxigénio, pode ser interpretada segundo o modelo de Kuhn, como uma mudança de paradigma, ou como o resultado da degenerescência do "Programa de investigação" flogístico, segundo Lakatos (Estany, 1990). De facto, o séc.XVIII, é rico em exemplos que têm levantado alguma controvérsia entre os filósofos da Ciência.

A descoberta do oxigénio, historicamente atribuída a Lavoisier, conduziu à elaboração de um novo sistema conceptual, radicalmente diferente da até então vigente teoria do flogisto. Entre 1771 e 1773, três cientistas poderiam reclamar legitimamente a descoberta do oxigénio, Scheele, Priestley e Lavoisier (Kuhn, 1962). Enquanto que os dois primeiros, embora conscientes de terem isolado uma nova substância, explicaram as suas experiências à luz da teoria do flogisto, chamando ao gás obtido "ar desflogisticado", Lavoisier construiu uma nova teoria a partir da sua descoberta (novo paradigma ou novo programa de investigação). Levanta-se, assim, a questão da prioridade na descoberta científica. Isto é, será de atribuir a descoberta de uma nova substância a quem pela primeira vez a isolou, ou a quem interpretou teoricamente essa descoberta, e deduziu as implicações dela decorrentes? De facto, Lavoisier soube tirar as implicações das suas experiências, construindo uma teoria com maior poder explicativo dos fenómenos químicos. A sua teoria substituiu a do flogisto porque, para além de explicar diversas anomalias que aquela enfrentava, foi tendo cada vez maior aceitação da comunidade dos químicos da sua época. O próprio Lavoisier refere-se à resistência em abandonar a teoria do flogisto, da seguinte maneira: "Não espero que as minhas ideias sejam adoptadas de imediato; o espírito humano habitua-se a uma maneira de ser, e os que perceberam a natureza de um certo ponto de vista, durante uma parte da sua carreira, só com dificuldade acolhem as novas ideias;... vejo com grande satisfação que os jovens que começam a estudar a ciência sem preconceitos, já não acreditam no flogisto..., e contemplam toda esta doutrina como um andaime mais embaraçoso que útil para continuar o edifício da ciência química." (Lavoisier, OEuvres, t.II, p.655, in Estany, 1990).

Estas palavras de Lavoisier, chamam a atenção para a resistência em abandonar as antigas teorias e a existência de um período de acesa controvérsia, até que as novas teorias sejam aceites pela maioria da comunidade científica. As novas teorias não se impõem à comunidade, por uma lógica interna à estrutura da própria ciência, mas devido a vários factores, muitas vezes externos, como seja a sua aceitação junto das novas gerações e a influência de certas escolas e cientistas.

IV - A PRIMEIRA METADE DO SÉC.XIX

A CONTROVÉRSIA DE H. DAVY COM A ESCOLA QUÍMICA FRANCESA

O progresso da Química desde o tempo de Lavoisier até metade do séc.XIX, revela um avanço extraordinário. Este período é marcado por uma acesa controvérsia em torno da química lavoisiana, muito concretamente em torno do "princípio ácido" atribuído ao oxigénio. É também marcado por um novo impulso na investigação laboratorial, resultante da invenção da pilha eléctrica (Volta em 1800) e consequente desenvolvimento das teorias electroquímicas, por uma mais forte ligação entre a técnica e a química teórica e por uma internacionalização do carácter da Ciência, com uma crescente comunicação, por meio de publicações e correspondência, entre as diferentes comunidades científicas da época.

Humphry Davy (1778-1829) foi um dos primeiros a usar a pilha eléctrica, construindo uma bateria com 250 placas metálicas, uma das mais poderosas da sua época. Em 1807, conseguiu, electrolizando potassa e soda, isolar dois elementos metálicos, o potássio e o sódio. Preparou, em 1808, cálcio, estrôncio e bário. O seu assistente, Michael Faraday (1791-1867), estabeleceu de forma quantitativa as leis da electrólise e sugeriu a utilização dos termos, ainda hoje em uso, eléctrodo, ânodo, cátodo, ião, anião e catião.

Davy provou o carácter elementar do cloro e do iodo e mostrou que os compostos destes dois elementos com o hidrogénio (HCl e HI), têm comportamento ácido em solução aquosa e não contêm oxigénio. Em 1810, num pequeno relatório, Davy diz: "Um dos factos mais singulares que observei acerca deste assunto.... é que carvão, mesmo quando inflamado à brancura em gás "oximuriático" (cloro), por uma bateria voltaica, não tem qualquer efeito sobre ele.... Esta experiência, que repeti várias vezes, leva-me a duvidar da existência de oxigénio naquela substância" (in Partington, 1972, vol IV, p.54).

Os lavoisianos acreditavam que o "ácido muriático" (HCl), um ácido muito forte, continha o óxido do elemento "murium". H. Davy mostrou que o ácido só continha

hidrogénio e um outro elemento, que apelidou de "cloro", pondo em causa as concepções de Lavoisier sobre o princípio acídico "oxigíneo".

A competição entre Davy e os seus colegas franceses, particularmente Gay-Lussac e Jacques Thenard, foi de tal forma acesa que Davy chegou a suspeitar que lhe tiraram a prioridade do seu trabalho sobre a natureza elementar do flúor, do boro e do iodo (Fullmer, 1975).

A disputa científica entre o inglês Davy e os químicos franceses, estava eivada de questões como a superioridade nacional e orgulho pessoal, que se enquadravam no clima de guerra, que decorria na época, entre a França de Napoleão e a Inglaterra.

A controvérsia em torno da composição do "ácido muriático" (HCl) e do carácter do gás obtido a partir dele (Cl_2), que os franceses apelidavam de "gás oximuriático", foi bastante prolongada e terminou com o abandono, por grande parte da comunidade científica de então, do conceito de ácido de Lavoisier.

O programa de investigação dos químicos franceses e o de Davy é um bom exemplo de como as teorias guiam o trabalho experimental. Os franceses baseavam-se na seguinte tese de Lavoisier: "Embora não tenhamos sido capazes de compor ou decompor este "ácido do sal" (HCl), não podemos duvidar que ele, como os outros ácidos, é composto da união do oxigénio com uma base acidificável." (in Partington, 1972). Assim, esta tese, era a base de toda a investigação dos franceses, que pretendiam mostrar a presença do oxigénio no "ácido do sal" (HCl).

A convicção de Davy, de que o "ácido muriático" não continha oxigénio e que o chamado "gás oximuriático" era uma substância elementar, levou-o ao planeamento de toda uma série de experiências, que culminaram na prova do carácter elementar do cloro e do iodo.

Muitos, continuaram relutantes em pôr de parte a teoria de Lavoisier sobre os ácidos, surgindo a tendência para designar de oxiácidos, os que continham oxigénio, e de hidrácidos, os que o não continham.

Um aspecto importante, a salientar neste período, é a utilização da pilha eléctrica como um novo meio de estudo da matéria. Dado que a electrólise decompunha alguns compostos químicos, começou a assumir-se que as reacções químicas eram o resultado de fenómenos eléctricos.

A interpretação da afinidade química, através da atracção newtoniana entre as partículas que se combinam, é substituída ao longo do séc. XIX pelas teorias electroquímicas.

Uma das primeiras teorias electroquímicas, foi estabelecida por Berzelius (1813) e ficou conhecida por "teoria dualista". Berzelius imaginou uma teoria electroquímica que se fundamentava num dualismo inerente à própria estrutura da matéria. Se um sal (ácido + base) é decomposto numa electrólise, recolhendo-se no pólo negativo a base (metal + oxigénio) e no pólo positivo o ácido, então as reacções de ácido-base são o simples resultado da atracção eléctrica entre o ácido electronegativo e a base electropositiva. A força de um ácido ou de uma base dependeria do seu carácter electroquímico mais ou menos pronunciado. Berzelius estendeu este dualismo a todas as reacções químicas, interpretando a afinidade química da seguinte forma: "Aquilo a que chamámos afinidade química, com todas as suas mudanças, é simplesmente a acção entre a polaridade eléctrica das partículas, sendo a electricidade a primeira causa de toda a actividade química... Toda a reacção química é basicamente um fenómeno eléctrico, dependendo da polaridade das partículas... Todo e qualquer corpo químico, qualquer que seja o número dos seus constituintes, pode ser dividido em duas partes, uma das quais é positiva e a outra negativa electricamente." (in Partington, 1972, IV, p.170).

Esta teoria explicava razoavelmente os fenómenos da electrólise e as reacções de ácido-base. Porém, a teoria de Avogadro, segundo a qual átomos iguais como o hidrogénio, oxigénio ou o azoto, estabeleciam ligações entre si, dificilmente poderia ser aceite por Berzelius.

A influência de Berzelius, na comunidade dos químicos da sua época, foi grande, como atestam as cinco edições, efectuadas entre 1808 e 1848, do seu Manual de Química. No entanto, permaneceu fiel, ao longo da sua vida, às teorias

estabelecidas na sua juventude, opondo-se em inúmeras controvérsias a outras teorias que viriam a revelar-se, com o tempo, mais úteis. Segundo Leicester (1971, p.169), a sua grande influência como químico, resultou em oposição ao progresso da química, na sua época.

Este período levanta questões epistemologicamente interessantes, como seja, a existência de dois programas de investigação diferentes, que orientavam a experimentação de H.Davy e dos químicos franceses. Estes apoiando-se na teoria da acidez de Lavoisier, tentavam decompor o "ácido de sal" (HCl) e provar que continha oxigénio. Por outro lado, Davy defendendo a não existência de oxigénio no referido ácido, foi conduzido à descoberta do cloro.

É interessante verificar que os franceses tinham já isolado este gás, não admitindo, porém, tratar-se de uma substância elementar, pois isso contradizia o "princípio ácido"oxigíneo, que defendiam. Trata-se de um bom exemplo, da prioridade da teoria na relação teoria/experimentação.

Outro aspecto a realçar, é o de que uma teoria, não é abandonada só porque existem factos experimentais, que ela não é capaz de explicar. Já no tempo de Lavoisier, o químico Berthollet, tinha mostrado que o ácido prússico (HCN) não continha oxigénio. De igual forma, a descoberta de Davy não conduziu, de imediato, ao abandono da teoria de Lavoisier. As designações de oxiácidos e hidrácidos, são tentativas de superar as anomalias, que a escola química francesa não conseguia explicar.

A manutenção da teoria de Lavoisier, por vários anos, durante a primeira metade do séc XIX, deve-se também à inexistência de uma teoria alternativa, que pudesse ganhar maior aceitação junto dos químicos. Outro aspecto a salientar, neste período, é a importância da instrumentação no avanço da Química. A descoberta da pilha de Volta, trouxe um novo conjunto de possibilidades de análise química, que conduziu à descoberta e isolamento de várias substâncias elementares.

V - A SEGUNDA METADE DO SÉC.XIX - AS SOLUÇÕES ELECTROLÍTICAS

TEORIA DE DISSOCIAÇÃO ELECTROLÍTICA E DE ÁCIDO-BASE DE ARRHENIUS

Svante Arrhenius (1859-1927), W. Ostwald (1853-1932) e Van't Hoff (1852-1911) são referidos por historiadores da química (por ex. Jaffe, 1976) como os principais criadores de uma teoria da electrólise e das soluções electrolíticas, em cuja defesa se empenharam junto da comunidade científica da época.

As consequências desta teoria na evolução dos conceitos de ácido-base foi fulcral, tendo resultado na conhecida teoria de ácido-base de Arrhenius.

A controvérsia científica em torno da química das soluções é elucidativa da resistência oferecida às novas teorias pela comunidade científica, e da forma como aquelas são validadas.

Arrhenius apresentou a sua teoria da dissociação electrolítica na IIª parte da sua tese de doutoramento, submetida à Academia Sueca das Ciências, em 1883, tendo ficado aprovado "com reservas", o que o impossibilitou de exercer a actividade docente na Universidade. De facto, a forte oposição à sua teoria, resultava do facto de ser admitido, pela maioria dos químicos do seu tempo, que iões com cargas opostas não podiam existir em separado em solução.

Durante o séc.XIX, tinham surgido várias teorias sobre a electrólise e as soluções electrolíticas, todas elas baseadas numa concepção estática das soluções líquidas. Grothuss (1785-1822) propôs uma explicação que se tornou popular, para o mecanismo da electrólise. Segundo ele, havia uma decomposição e uma recombinação alternada das partículas no electrólito. Por exemplo, na electrólise da água, o pólo negativo atraía hidrogénio de uma partícula de água próxima. A partícula isolada de oxigénio (pensava-se que a água seria HO) captava um hidrogénio de outra partícula de água próxima, e assim sucessivamente, até que uma partícula isolada de oxigénio era captada, do outro lado, pelo pólo positivo (Ihde, 1984). Faraday aceitou esta teoria no essencial e sugeriu que a aplicação da corrente eléctrica originava a "dissociação" das partículas do electrólito em iões de cargas opostas.

Vários químicos tinham elaborado importantes trabalhos sobre as soluções electrolíticas, no tempo de Arrhenius, e contribuíram de forma decisiva para a sua teoria final (por ex. Hittorf, Clausius e Kohlrausch)

Arrhenius, ao postular que o solvente é o responsável pela dissociação das "moléculas" em iões, opunha-se à concepção dominante entre os químicos da sua época, segundo a qual a corrente eléctrica era responsável pela formação dos iões.

A forte oposição á sua teoria levou Arrhenius a enviar a sua tese de dissertação a Clausius, Lothar Meyer, Ostwald e Van't Hoff.

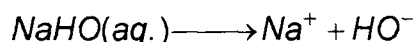
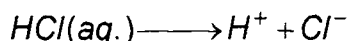
Ostwald apoiou e popularizou a sua teoria, tendo convidado Arrhenius a leccionar em Riga (1884). O desenvolvimento da sua teoria com Ostwald, com Kohlrausch, com Boltzman e com Van't Hoff, levou a uma aceitação cada vez maior pela comunidade científica (Kauffman, 1988 a).

O sucesso da teoria de Arrhenius deve-se, também, à explicação simples que dava para muitos fenómenos conhecidos na época e que ainda não tinham sido suficientemente compreendidos. Entre eles podemos destacar (in Compêndio, 7ºano Liceal, 1966):

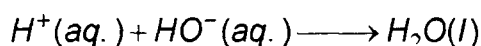
- Aparente excepção que fazem as soluções de electrólitos às leis de Raoult. A teoria de Arrhenius, ao admitir que um electrólito se dissocia por acção do solvente, conseguiu explicar o excessivo abaixamento do ponto de congelação e a excessiva pressão osmótica das soluções de sais.
- Muitos sais do mesmo metal, em solução aquosa, apresentam coloração idêntica : os sais de cobre são azuis; os de ferro (II) amarelos; os de níquel verdes; os de cobalto róseos, etc.
- As propriedades das soluções de electrólitos dependem da natureza dos iões.
- Muitas reacções dão-se entre iões, e não entre moléculas.
- Arrhenius conseguiu interpretar a electrólise de forma simples e clara.

A teoria de ácido-base de Arrhenius é uma consequência da sua teoria de dissociação electrolítica. Ao interpretar as características ácidas ou alcalinas das soluções, recorrendo às propriedades dos iões presentes em solução, Arrhenius muda radicalmente os conceitos de ácido e de base. Alguns autores, apelidam mesmo esta mudança de "ruptura epistemológica" com as concepções anteriores (Dumas-Monteau, 1985).

Segundo Arrhenius, ácidos são compostos que originam iões hidrogénio, em solução aquosa, e as bases originam iões hidróxido.



Uma reacção de neutralização, entre um ácido e uma base, pode escrever-se de forma generalizada:



Arrhenius mostrou que o "calor de neutralização" de "equivalentes" de ácidos e bases fortes é praticamente constante (o que corresponde ao calor da reacção $H^+ + HO^- \longrightarrow H_2O$).

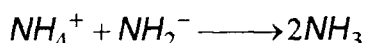
A explicação da força relativa de ácidos e bases, foi um dos sucessos da teoria da dissociação electrolítica. A actividade química e a condutividade eléctrica das soluções de ácidos e bases são, assim, explicadas pela extensão das suas dissociações. O ião hidrogénio será responsável pelas propriedades ácidas e o ião hidróxido pelas propriedades alcalinas das soluções.

Esta teoria, embora sendo um grande avanço, encontrou logo à partida algumas dificuldades. O seu sucesso deve-se essencialmente à explicação das reacções de ácido-base em solução aquosa.

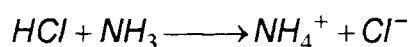
No entanto, já em 1905, Edward Franklin propôs que a reacção entre o cloreto de amónio e o amideto de sódio era uma reacção de ácido-base, embora não estejam presentes os iões H^+ e HO^- nem se forme água. Assim:



Franklin sugeriu que, em amoníaco líquido, o ião NH_4^+ actua como um ácido e NH_2^- como uma base, com a neutralização representada por:



Outra dificuldade da teoria era a constatação do carácter alcalino de substâncias, em cuja constituição não entra o grupo HO e o carácter ácido ou alcalino de soluções de sais. Sabia-se que existiam substâncias que não contêm o grupo HO mas, mesmo assim, podem neutralizar ácidos, como por exemplo, o amoníaco:

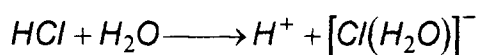


Uma outra dificuldade importante consiste na natureza do ião H^+ em solução aquosa. Dado o seu tamanho, ele será capaz de se incorporar no sistema electrónico da molécula do solvente, em maior grau que qualquer outro ião. Não será pois legítimo, pensar na dissociação de um ácido, como produzindo protões livres, tal como é proposto por Arrhenius.

A dissociação $HCl(g) + H_2O(l) \longrightarrow H_3O^+(aq.) + Cl^-(aq.)$ é mais realista que a apresentada por Arrhenius (Mahan, 1978).

Vários químicos tentaram propor outras teorias de ácido-base, no início deste século, no sentido de dar resposta às dificuldades apontadas anteriormente.

É de referir, por exemplo, a teoria de Werner (1907), baseada no seu estudo sobre compostos de coordenação. Werner propunha para a dissociação do ácido clorídrico o seguinte esquema:



Embora este esquema tenha a vantagem de realçar o papel do solvente, ele considera a hidratação do halogeneto e não do protão (Kauffman, 1973).

Na segunda metade do séc.XIX, surge-nos mais um exemplo da resistência, por parte da comunidade científica, a novas teorias. De facto, a teoria da dissociação electrolítica, proposta por Arrhenius, teve forte oposição dos químicos suecos, já que rompia com as teorias sobre as soluções electrolíticas, até então vigentes.

No entanto, o apoio e popularização que lhe foi dado por alguns químicos estrangeiros, principalmente Ostwald, e a possibilidade de Arrhenius implementar, com sucesso, todo um programa de investigação, com base na sua teoria, em Universidades estrangeiras, teve enorme influência na sua crescente aceitação, por parte da comunidade científica. A validação de uma teoria e o abandono das antigas, é um processo complexo, que não está isento de controvérsia e dificuldades. O surgimento, no início do séc.XX, de várias anomalias e dificuldades (por ex. Franklin, 1905) na explicação de alguns fenómenos químicos, por parte da teoria de Arrhenius, mostra o carácter provisório das teorias científicas e a necessidade de uma sistemática discussão, por parte dos químicos, em torno das teorias vigentes.

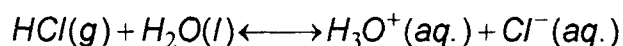
VI - AS TEORIAS DE ÁCIDO-BASE NO SÉC. XX

A TEORIA PROTÓNICA DE BRONSTED-LOWRY E A TEORIA ELECTRÓNICA DE LEWIS

A controvérsia em torno das dificuldades da teoria de ácido-base proposta por Arrhenius, conduziu em 1923, a uma teoria mais poderosa, proposta pelo dinamarquês Bronsted e pelo inglês Lowry.

Este acontecimento é um bom exemplo de "descoberta simultânea" pois os dois cientistas fizeram as suas propostas de forma independente (Kauffman, 1988b).

Segundo esta nova abordagem, que não está limitada às soluções aquosas como a de Arrhenius, um ácido é uma espécie química dadora de protões e uma base é um aceitador de protões. Uma reacção de neutralização consiste na transferência de um protão de um ácido para uma base. A ionização do *HCl* em água é esquematizada :



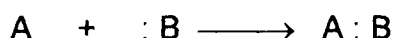
em que os pares que diferem de um protão, *HCl / Cl⁻* e *H₃O⁺ / H₂O* são chamados pares conjugados de ácido-base.

A força de um ácido é explicada em termos da sua maior ou menor tendência em fornecer um protão, e a de uma base em termos da tendência em captar protões. A medida quantitativa da força de um ácido será a sua constante de acidez (*k_a*).

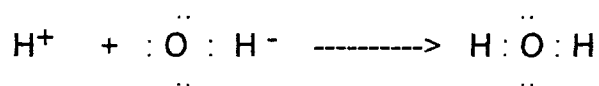
É de realçar que a força de um ácido depende também da tendência da base, com que reage, em captar protões. Assim, só poderemos comparar as forças dos ácidos individuais em relação à mesma base, sendo a água geralmente escolhida. As tabelas das forças relativas dos vários pares conjugados de ácido-base mostraram uma interessante analogia com as séries dos potenciais normais redox. A comparação destas tabelas apresenta-se com bastante interesse didáctico

(Kauffman, 1988b). O desenvolvimento mais aprofundado da teoria de Bronsted-Lowry, pode ser encontrado em qualquer Manual de Química Geral.

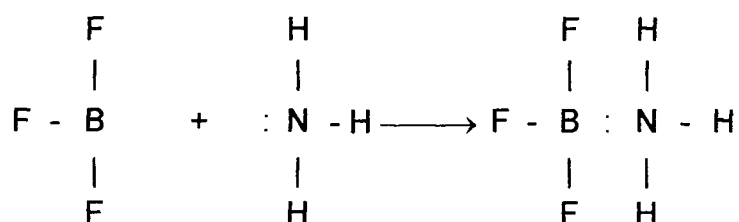
No mesmo ano em que Bronsted-Lowry apresentaram a sua teoria, uma outra mais geral foi proposta por Gilbert Lewis. Esta teoria era tão diferente de todas as outras propostas anteriormente que os químicos lhe prestaram pouca atenção, sendo praticamente ignorada durante 15 anos. Lewis entendia as reacções de ácido-base como a formação de uma ligação covalente coordenada :



Segundo Lewis, a base seria um fornecedor de um par electrónico e um ácido um aceitador desses electrões. Esta teoria pode ser usada para interpretar as reacções tradicionais em solução aquosa, como por exemplo:



mas aplica-se igualmente a sistemas que não envolvem solvente nem transferência de protões, como por exemplo:



Estas 3 teorias, a de Arrhenius, a de Bronsted-Lowry e a de Lewis, foram as que se mostraram mais úteis e são normalmente abordadas nos manuais de química.

O quadro que se segue, permite ilustrar uma comparação entre estas três teorias (in Kolb, 1978):

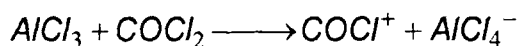
COMPARAÇÃO ENTRE TEORIAS DE ÁCIDO-BASE

TEORIA	ARRHENIUS	BRONSTED-LOWRY	LEWIS
Definição de ácido	Fornecedor de íões H^+ em solução aquosa	Dador de íões H^+	Aceitador de um par de electrões
Definição de base	Fornecedor de íões HO^- em solução aquosa	Aceitador de íões H^+	Dador de um par de electrões
Equação de neutralização	Formação de água $H^+ + HO^- \rightarrow H_2O$	$HA + B \rightarrow BH + A$	Formação de uma ligação covalente coordenada $A + :B \rightarrow A : B$
Limitações	Apenas em soluções aquosas	Apenas sistemas em que há transferência de protões	Teoria generalizada

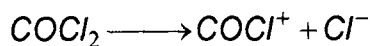
Os ácidos de Bronsted-Lowry não diferem muito dos ácidos segundo Arrhenius, já que ambas as teorias os encaram como dadores de protões. As bases segundo Bronsted-Lowry incluem muitas espécies químicas não previstas por Arrhenius, mas são idênticas às previstas pela teoria de Lewis, já que um par de electrões não compartilhados é, usualmente, um aceitador de protões. A definição de ácido segundo Lewis é muito mais geral do que a das outras teorias.

Outras teorias de ácido-base surgiram neste século.

Albert Germann (1925), mostrou que o cloreto de alumínio, dissolvido em $COCl_2$, se comporta como um ácido, sem que hajam protões no sistema:



em que o solvente se ioniza segundo o esquema :



Germann propôs a sua teoria dos "sistemas-solvente" (cuja origem se pode encontrar vinte anos antes nas ideias de Franklin), definindo um ácido como um soluto que aumenta a concentração do anião-solvente. Esta teoria implica a presença de um solvente e que este esteja parcialmente ionizado.

Também em 1939, o químico russo Usanovich tentou propor um outro conceito mais universal de ácido-base. Para ele, um ácido era qualquer substância capaz de fornecer catiões (H^+ ou outros), ou de se combinar com aniões. Uma base era qualquer substância capaz de fornecer aniões ou de se combinar com catiões. Para Usanovich, as reacções de oxidação-redução eram casos particulares de interacções ácido-base.

É interessante verificar que a teoria electrónica de Lewis, sendo mais geral que a de Bronsted-Lowry, foi esquecida durante 15 anos. Uma explicação possível para a aceitação tardia da teoria de Lewis reside na sua utilidade em sistemas ácido-base, que não envolvem qualquer solvente nem transferência de prótons, sistemas esses que começaram apenas a ser estudados, mais tarde, pelos químicos.

A teoria dos "sistemas-solvente", embora mais geral que outras teorias da época, tinha importantes limitações, pois requeria a presença de um solvente que estivesse parcialmente ionizado.

A teoria de Usanovich foi, na época, bastante criticada pelos químicos, pois punha muito a ênfase na importância dos iões e na formação de sais; por outro lado, Usanovich defendia uma ideia inaceitável para os químicos da época, ao considerar as reacções de oxidação-redução como casos particulares de reacções de ácido-base (Kolb, 1978).

Mais tarde, em 1963, Pearson propõe uma classificação dos ácidos e das bases de Lewis em duas categorias: ácidos duros e moles; bases duras e moles. Esta classificação surgiu da dificuldade em preparar listas de forças relativas de ácidos e bases de Lewis.

Ácidos de Lewis "duros" seriam constituídos por um átomo aceitador de um par de electrões, de pequeno tamanho e difícil de polarizar; bases de Lewis "duras" são aquelas que exercem forte atracção nos seus electrões de valência. Ácidos e bases "moles" teriam características contrárias. Por exemplo:

Ácidos duros : Al^{3+} , Mg^{2+} , Ca^{2+} , BF_3 e AlCl_3

Ácidos moles : Hg^{2+} , Cd^{2+} BH_3

Bases duras : F^- , HO^- , SO_4^{2-} , PO_4^{3-}

Bases moles : I^- , CN^- ou S^{2-}

Segundo esta teoria, os ácidos e bases duras, assim como os ácidos e bases moles, ligam-se mais fortemente uns com os outros.

No entanto, não foi possível elaborar uma lista de ácidos (ou bases) de Lewis por ordem decrescente da sua força, mas conseguiu-se listá-los por ordem crescente ou decrescente da sua dureza, embora subsistam algumas inconsistências.

Recentemente (1970), diversas anomalias das classificações da acidez no seio de uma dada família (por ex. HF , HCl , HBr , HI) puderam ser interpretadas. O conhecimento experimental das reacções de ácido-base em fase gasosa, permite separá-las da influência do solvente. As correlações com a classificação periódica dos elementos reaparece mais nitidamente.

VII - CONCLUSÕES

À luz de uma teoria actual, uma reacção de ácido-base é muito mais que uma reacção que produz um sal e água. É também a formação de ésteres, amidas e éteres; pode ocorrer em solução aquosa, em solução amoniacal, noutra tipo de solvente ou sem a presença de qualquer solvente. A formação de compostos de coordenação envolve reacções de ácido-base; as ligações hidrogénio são uma espécie de fenómeno de ácido-base. Todos os catiões podem actuar como ácidos de Lewis e todos os aniões como bases de Lewis. Todos os compostos podem ser encarados como resultantes de reacções de ácido-base.

Mesmo as reacções de oxidação-redução têm muitas analogias com reacções de ácido-base segundo Lewis. Os agentes redutores são dadores de electrões como as bases de Lewis; os agentes oxidantes são aceitadores de electrões como os ácidos de Lewis. Subsistem, no entanto, diversas diferenças, não sendo as reacções de transferência de electrões (oxid.-red.) consideradas de ácido-base à luz da teoria electrónica de Lewis. Porém, as reacções de ácido-base segundo Lewis, incluem quase todas as outras reacções químicas.

Não poderemos falar numa teoria de ácido-base considerada "verdadeira", na actualidade. As três principais teorias apresentadas este século, têm limitações e aplicabilidade diferente.

Do ponto de vista didáctico, é importante realçar este aspecto, podendo a utilização da História da Química para isso contribuir.

Outro aspecto importante, é a integração dos conceitos e teorias, na época histórica em que foram construídas, fazendo ressaltar a influência do ambiente social e tecnológico, e das ideias de outras áreas do saber, nas controvérsias científicas.

O avanço da química no séc.XVII, não está desligado do combate mais geral às ideias aristotélicas e do desenvolvimento crescente da indústria artesanal ; à revolução química, nos finais do séc.XVIII, não é alheio o triunfo da mecânica newtoniana, a crescente comunicação entre a comunidade científica e o ambiente social e político que se vivia na Europa; a controvérsia entre H. Davy e os lavoisianos, não pode ser desligada do ambiente de guerra entre a Inglaterra e a França.

As controvérsias podem ser apresentadas aos alunos de forma a mostrar o papel da comunidade científica na validação das teorias.

A popularização e aprofundamento que Ostwald e Van't Hoff fizeram da teoria de Arrhenius, a sua apresentação em Congressos internacionais, contribuíram para a sua aceitação junto da maioria dos químicos, no início do séc.XX.

Por outro lado, é importante que os alunos se apercebam, que as teorias não são abandonadas apenas porque surgem factos que as contradizem. No início do séc.XX, alguns químicos apresentaram, como vimos, reacções de ácido-base que a teoria de Arrhenius não explicava, assim como outras teorias alternativas. Porém, só a partir de 1923, é que a teoria de Bronsted-Lowry começou a ter aceitação junto da comunidade dos químicos. A própria teoria de Lewis só começou a ter aceitação 15 anos depois de ser apresentada.

As estratégias a usar na utilização da História da Química, em relação ao tema Ácido-Base, podem ter um carácter pontual ou exclusivo. No primeiro caso, escolher-se-ia um período de controvérsia, como por exemplo, o relativo à aceitação da teoria de Arrhenius ou ao abandono do conceito de ácido de Lavoisier. No segundo caso, toda a unidade de ácido-base seria apresentada numa perspectiva histórica.

Tendo em conta a situação actual do ensino da química nas escolas secundárias, a primeira perspectiva parece ser mais realista.

REFERÊNCIAS

- Amorim da Costa, A.M., (1983), "Do uso da História da Química no seu ensino", Boletim da S.P.Q., ano 4, II, 15/16, p. 12-15.
 - Bybee, R.W., et al, (1991), "Integrating the History and Nature of Science and Technology in Science and Social Studies Curriculum", Science Education, 75(1) : 143-155.
 - Dumas & Monteau, (1985), Módulo Ácido-Base, tradução e adaptação da Sociedade Portuguesa de Química, Lisboa.
 - Eamon, W., (1980), "New light on Robert Boyle and the discovery of colour indicators", Ambix, vol 27, 3, p.204-209.
 - Estany, A., (1990), "Modelos de Cambio Científico ", Editorial Critica, Barcelona.
 - Fourez, G., (1992), "La Constrution des Sciences", De-Boeck-Wesmael, 2ª ed., Bruxelles.
 - Fullmer, J.Z., (1975), "Davy's Priority in the iodine dispute:Further documentary evidence", Ambix, vol 22, Part I, p.39-51.
 - Gagliardi, R., Giordan, A., (1986), "La Historia de las Ciencias : una herramienta para la enseñanza", Enseñanza de las Ciencias, 4(3), p.253-258.
 - Green, W.J. (1978), "Models and Metaphysics in the Chemical Theories of Boyle and Newton", Journal of Chemical Education, 55, 7, p. 434-436.
 - Ihde, A.J., (1984), "The Development of Modern Chemistry", Dover Publications Inc., N.Y.
 - Jaffe, B., (1976), "Crucibles : The Story of Chemistry", 4ªed., Dover Publications Inc., N.Y.
-

- Kauffman, G.B., (1973), "Alfred Werner's Theory of Acids, Bases and Hydrolysis", Ambix, vol XX, 1, p.53-66.
 - Kauffman, G.B., (1988 a), "Svante August Arrhenius, Swedish Pioneer in Physical Chemistry", Journal of Chemical Education, 65, 5, p.437-438.
 - Kauffman, G.B., (1988b), "The Bronsted-Lowry Acid-Base Concept", Journal of Chemical Education, 65, 1, p.28-31.
 - Kauffman, G.B., (1989), "History in the Chemistry Curriculum", Interchange, vol 20, 2, p.81-94.
 - Klopfer, L., (1969), "The Teaching of Science and the History of Science", J.R.S.T., vol 6, p.87-95.
 - Kolb, D., (1978), "Acids and Bases", Journal of Chemical Education, 55, 7, p. 459-464.
 - Kuhn, T., (1962), "Historical Structure of Scientific Discovery", Science, vol.136, p.760-764.
 - Le Grand, H.E. (1973), "A note on fixed air : the universal acid", Ambix, XX, 2, p. 88-94.
 - Leicester, H.M. (1971) "The Historical Background of Chemistry ", Dover Publications, N.Y.
 - Magalhães, A.M., Tomás, T.L., "Compêndio de Química", Livro Oficial para o 7ºano Liceal, 1966
 - Mahan, B., (1978), "Química - um curso universitário", Editora Edgard Blucher Ltd, S.Paulo
 - Matthews, M., (1989), "A Role for History and Philosophy in Science Teaching", Interchange, vol20, 2, p.3-15.
-

- Matthews, M., (1992), "History, Philosophy and Science Teaching: The Present Rapprochement", Science & Education, 1, p. 11-47.
 - Matthews, M., (1994), "Science Teaching. The Role of History and Philosophy of Science", Routledge, New York.
 - Neto, A.J., Valente, M., (1991), "A História da Ciência no ensino da Física : Breves reflexões sobre a situação portuguesa", Revista Portuguesa de Educação, 4(2), p.59-67.
 - Neville, R.G., (1961), "The Sceptical Chymist, 1661 - a tercentenary tribute", Journal of Chemical Education, 38, 3, p. 106-109.
 - Partington, J.R., (1972), "A History of Chemistry", vol IV, The Macmillan Press Ltd, London.
 - Reichen, C., (1966), "História da Química", Coleção Ciência Ilustrada, Livraria Morais Editora.
 - Seabra, V.C., "Elementos de Química", Reprodução fac-similada da edição impressa em Coimbra em 1788 e 1790, Universidade de Coimbra, 1985
 - Sequeira, M., Leite, L., (1988), "A História da Ciência no ensino-aprendizagem das Ciências", Revista Portuguesa de Educação, 1(2), p. 29-40.
 - Szabadváry, F., (1964 a), "Indicators - a historical perspective", Journal of Chemical Education, vol 41, 5, p.285-287.
 - Szabadváry, F., (1964 b), "Development of the pH concept - a historical survey", Journal of Chemical Education, vol41, 2, p.105-107.
 - Vidal, B., (1986), "História da Química", Biblioteca Básica de Ciência, Edições 70, Lisboa
-

ANEXO 3

FICHA DE TRABALHO A

Ficha de Trabalho A

Esta ficha de trabalho pretende que os alunos:

- Analisem criticamente um texto científico e comparem uma situação histórica passada com a actualidade.
- Compreendam a evolução dos conceitos de ácido, os avanços e recuos na construção desses conceitos, o confronto entre teorias concorrentes, o papel da comunidade científica e as complexas relações Ciência / Tecnologia / Sociedade.
- Se apercebam da complexa teia de relações que leva à descoberta em Ciência.

A sua exploração pretende transmitir uma imagem da Ciência e da construção do conhecimento científico mais adequada do que a que normalmente é veiculada pelos manuais escolares.

Não se pretende usá-la para introduzir novos conceitos. Embora, a partir da teoria oxigínea de Lavoisier, se possa relembrar os conhecimentos dos alunos sobre os óxidos acídicos, e apresentar contra exemplos à teoria de Lavoisier. O debate em torno do carácter ácido das soluções de HCl(g) e HI(g) , pode servir de ponte para a posterior introdução dos conceitos de ionização e da teoria de dissociação electrolítica de Arrhenius.

Esta ficha enquadra-se bem numa introdução a uma unidade de ácido-base, onde se pretende apresentar a evolução histórica de conceitos e teorias de ácido-base, fazer com que os alunos explicitem os seus conhecimentos de anos anteriores, sobre o assunto.

Os alunos devem analisar o texto e responder ao questionário em pequenos grupos.

Para cada questão da ficha de trabalho faz-se um comentário dirigido ao professor no sentido de o apoiar na exploração de cada uma das questões.

" A visita de Humphry Davy a França "

Em 1813, durante a guerra napoleónica entre a França e a Inglaterra, H. Davy, um químico inglês, pediu autorização a Napoleão para visitar colegas cientistas franceses e viajar pelo sul da França e Itália (na época sob ocupação francesa), com o intuito de estudar os vulcões da região.

Napoleão, que já antes tinha reconhecido o mérito dos trabalhos de Davy, concedeu-lhe um salvo conduto para a viagem. Davy chegou a Paris com o seu assistente Michael Faraday, que viria anos depois a ser um cientista de renome, e foi homenageado pelos seus colegas franceses num encontro no Instituto de França.

Dias após a sua chegada, André Marie Ampère, conhecido cientista francês, entregou-lhe uma curiosidade química na época - uma substância de brilho metálico, cinzenta-escura, que tinha sido isolada há dois anos, a partir de uma alga, por Bernard Courtois. Os franceses tinham tentado analisar a estranha substância e suspeitavam que se poderia tratar de um novo elemento químico, tendo notado que algumas das suas propriedades eram semelhantes às do Cloro que Davy tinha previamente estudado e caracterizado como um elemento químico.

Na época, a desconhecida substância era activamente investigada por químicos famosos como Gay-Lussac que pensava tratar-se de um novo elemento ou de um composto de Cloro.

Davy, de imediato, montou o seu equipamento de laboratório portátil e, no seu quarto de hotel, investigou a substância desconhecida. Ao estudar as suas propriedades físicas e químicas e ao preparar diversos dos seus compostos, convenceu-se que se tratava de um novo elemento (que mais tarde designou de iodo, para reflectir a sua analogia com o Cloro).

Davy também mostrou que o composto da substância com o hidrogénio, formava um ácido quando dissolvido em água e que este ácido não continha qualquer oxigénio. Esta propriedade química era semelhante à do Cloro que Davy tinha descoberto anos antes.

Os resultados de Davy contradiziam a teoria seguida pelos químicos franceses, segundo a qual todos os ácidos continham oxigénio. Esta teoria foi proposta originariamente pelo famoso químico francês, Lavoisier, cujas ideias tinham imensa influência nos químicos franceses. Aliás, o nome oxigénio, proposto por Lavoisier, significava "formador de ácidos".

No laboratório dum químico francês, seu amigo, Davy utilizou uma pilha voltaica, com a qual fez atravessar a estranha substância por uma corrente eléctrica. Ao verificar que a substância não era decomposta pela corrente eléctrica, Davy reforçou a sua crença de que ela era realmente um elemento químico.

Davy anunciou os seus resultados, através de uma carta, que leu no encontro do Instituto de França, onde foi homenageado como membro correspondente. Enviou também um relatório à Sociedade Real de Londres, acerca das suas experiências e resultados, intitulado: "Experiências e observações acerca de uma nova substância que se transforma num gás violeta quando aquecida".

Gay-Lussac tinha continuado as suas investigações, de forma independente destes acontecimentos, e apresentou mais tarde um relatório sobre a substância recentemente descoberta e os seus compostos, gerando-se algumas dúvidas sobre a prioridade da descoberta do novo elemento químico.

A existência de ácidos sem oxigénio já não podia ser negada. As investigações de Davy sobre as propriedades ácidas das soluções do iodeto de hidrogénio, tinham trazido maiores dificuldades à manutenção da teoria oxigínea dos franceses.

Muitos continuaram relutantes em pôr de parte a teoria de Lavoisier sobre os ácidos, surgindo a tendência de designar de oxiácidos, os que continham oxigénio, e de hidrácidos os que o não continham.

Davy propôs que o hidrogénio podia ser responsável pelas propriedades dos ácidos, já que o hidrogénio, ao contrário do oxigénio, parecia estar presente em todos os ácidos. Porém, eram conhecidos muitos compostos com hidrogénio que não eram ácidos.

A controvérsia em torno dos conceitos de ácido e de base iria continuar.
(Texto baseado em Klopfer , 1969)

QUESTIONÁRIO

1. O texto que acabaste de ler, fala-nos da descoberta de um elemento químico - o Iodo.

A quem poderemos atribuir a sua descoberta ?

Fundamenta a tua posição.

Comentário: É de prever que surjam dois tipos de resposta. Alguns alunos dirão que foi Courtois que isolou pela primeira vez a substância; outros atribuirão a Davy a descoberta do Iodo. Pretende-se que, com o debate intergrupos, os alunos se apercebam que é difícil, muitas vezes, atribuir uma descoberta científica a uma só pessoa.

Courtois obteve o Iodo de forma acidental. Ihde (1984, p.159) descreve o acontecimento da seguinte forma: "Naquela época, as cinzas das algas do mar, acumuladas ao longo das costas da Normandia e Britânia, eram usadas para a obtenção de sais de sódio e potássio. Um dia, em 1811, o jovem Courtois reparou em vapores púrpuros que saíam dos recipientes, que tinham sido acidificados com ácido sulfúrico. Os vapores condensavam em cristais escuros com um brilho metálico".

Se entendermos que uma pessoa só descobre algo, quando disso está consciente, e sabe o que descobriu, então atribuiríamos a Davy a descoberta do Iodo.

2. A pilha eléctrica, construída por Volta em 1800, foi fulcral para caracterizar a substância desconhecida.

Explica porquê.

3. Tal como na época de H. Davy, a instrumentação tem hoje um papel muito importante na investigação científica.

Dá alguns exemplos da actualidade que evidenciem a grande influência dos instrumentos e da tecnologia na Ciência e vice-versa.

Comentário: Pretende-se com estas questões elucidar os alunos sobre a importância da instrumentação na investigação científica. Davy utilizou a pilha eléctrica para provar que a substância não se podia decompor, o que reforçou a sua hipótese de que se tratava de um

elemento químico. Davy alia a teoria (conceito de elemento) à instrumentação disponível (pilha), para planear a electrólise da substância desconhecida. É um bom exemplo da prioridade da teoria na relação teoria/observação.

A questão 3. pode levar ao debate de questões como:

- A análise química requer, hoje em dia, aparelhos sofisticados e caros que só existem em bons laboratórios.

- Só se pode fazer investigação em Física das partículas nos EUA, Europa e Rússia, onde existem poderosos aceleradores de partículas.

- A possibilidade de acesso a bases de dados internacionais facilita imenso o trabalho do cientista.

- A possibilidade, hoje em dia, de "fabricar" milhares de compostos artificiais, à custa de simulações computacionais.

- A descoberta do microscópio electrónico permitiu um avanço considerável na citologia.

- etc....

4. Compara as condições da investigação científica, na época de Davy, com as actuais.

Comentário: Hoje seria impossível levar um laboratório portátil em viagem e realizar experiências num quarto de hotel, como fez Davy. O texto dá a entender que os laboratórios da época pertenciam aos químicos, quando refere que Davy utilizou um, de um seu amigo. Poucos anos antes, Lavoisier tinha o seu próprio laboratório que equipava à custa de uma percentagem que recebia da colecta dos impostos reais.

Nesta época, eram os próprios químicos que projectavam o seu equipamento. Será, no entanto, de salientar que se assiste em todo o séc.XIX, ao nascimento de grandes centros de investigação, em muitas das grandes cidades europeias.

Os alunos deverão tomar consciência que, hoje em dia, a investigação se faz em grandes centros bem equipados, geralmente ligados a Universidades, e dependentes do poder político e económico.

5. Explica a teoria oxígenea dos ácidos, de Lavoisier que era seguida pelos químicos franceses.

Com base nos teus conhecimentos de química, existem compostos que apoiam essa teoria? Dá exemplos.

Comentário: Para Lavoisier um ácido seria : ácido = radical + oxigénio.

É evidente que a teoria explicava bem a maioria dos ácidos conhecidos na época. Assim, daria origem ao ácido carbónico, SO_3 ao ácido sulfúrico, P_2O_5 ao ácido fosfórico. É de salientar que no tempo de Lavoisier, o químico Berthollet analisou o ácido HCN, e concluiu que não continha oxigénio. Também já se sabia que o ácido H_2S não continha oxigénio.

No entanto, a teoria prevaleceu por muitos anos, o que significa que uma teoria não é abandonada só porque existem factos que a contradizem.

Ao pedir aos alunos exemplos de ácidos que apoiam a teoria de Lavoisier, pretende-se que eles recordem o que estudaram, em anos anteriores, sobre o carácter ácido de alguns óxidos, e que há óxidos cujas soluções são alcalinas ou mesmo neutras.

6. Que hipótese elaborou Davy sobre a substância desconhecida?

Em que se baseou essa hipótese?

Que observação experimental a veio reforçar?

Comentário: Davy convenceu-se que a substância era elementar, quer a partir das experiências realizadas no seu quarto de hotel, quer a partir das suas semelhanças com o Cloro que ele tinha demonstrado ser um elemento químico, dois anos antes. A reforçar esta hipótese existia o facto de a substância não se decompor por acção da corrente eléctrica.

Pretende-se chamar aqui a atenção dos alunos para o facto de que as experiências não se realizam "para ver o que dá", mas são planeadas a partir de uma hipótese, que é construída com base numa teoria. Davy sabia que um elemento químico não se decompunha noutras substâncias.

Assim, planeou a electrólise da substância desconhecida no intuito de verificar ou não a sua decomposição. Porém, a observação de que a substância não se decompunha não provava ser ela um elemento. Na época, nem todas as substâncias que se sabiam compostas, eram passíveis de decompor com a pilha voltaica. No entanto, a experiência veio reforçar a hipótese de Davy.

7. Os químicos franceses acabaram por dar razão a Davy, concluindo também que a substância desconhecida era um elemento químico.

Porém, a teoria oxigínea dos ácidos, de Lavoisier, não foi de imediato abandonada.

Poderás apontar algumas razões para tal facto?

Comentário: Uma teoria não é abandonada só porque existem factos experimentais que ela não é capaz de explicar. Porém, neste caso, não surgiu uma teoria alternativa que pudesse substituir a de Lavoisier. É de salientar que Davy não elaborou essa teoria. A sua proposta de que o hidrogénio seria o "princípio" acidificante não podia ser aceite, como explica o texto, pois conheciam-se muitas substâncias com hidrogénio e que não eram ácidos.

8. O texto mostra-nos que a comunicação entre os cientistas da época, através de relatórios, conferências e publicações científicas, era já bastante intensa. Hoje em dia ela é fundamental.

Refere-te à importância da comunicação entre as diferentes comunidades de cientistas nos dias de hoje.

Comentário : É de chamar a atenção dos alunos para a imensa quantidade de revistas, jornais e outro tipo de publicações de índole científica.

No séc. XIX, assiste-se a um desenvolvimento enorme da comunicação entre os cientistas dos diferentes países. É de salientar, junto dos alunos, a impossibilidade de, nos nossos dias, um investigador numa determinada área não estar a par de tudo o que já se fez, em todo o mundo, nessa área.

Para isso são importantes as publicações, os colóquios e congressos.

9. Não são simples as relações entre os cientistas e o poder político e económico numa sociedade.

Compara a situação na época de Davy com a que actualmente vivemos.

Comentário : Hoje em dia, seria impensável um cientista contactar os seus colegas de um país em guerra com o seu e, muito menos, viajar nesse país.

Embora seja admissível que a disputa entre Davy e os químicos franceses estivesse eivada de sentimentos nacionalistas, pois a Inglaterra e a França estavam em guerra, a recepção calorosa a Davy, por parte dos seus colegas franceses, traduz uma importante característica da maioria dos cientistas - o seu espírito de abertura. É de salientar, que no início do séc XIX, a ciência ainda não estava tão ligada, como hoje, ao aparelho político e económico. Os cientistas eram considerados "filósofos naturais". Hoje, a sua dependência do poder político e económico, aliada a uma certa margem de liberdade que possuem, torna aquelas relações muito complexas.

ACTIVIDADES

1. Faz uma pesquisa bibliográfica que te permita escrever uma biografia resumida, do notável químico inglês Humphry Davy.

Consulta livros de química na tua Biblioteca, enciclopédias e/ou pede ajuda ao teu professor.

2. Muitos técnicos e cientistas são chamados a resolver problemas sociais e económicos, pelas várias instituições sociais. Porém, nem sempre existe "bom relacionamento" entre as populações, os especialistas e as instituições do poder.

Faz um pequeno relatório sobre um desses problemas, tendo em conta aquele relacionamento.

Podes escolher, entre outros, um dos seguintes:

- Pinturas rupestres em Foz Côa.**
- Chuvas ácidas.**
- Poluição atmosférica.**
- Poluição dos rios, lagos e albufeiras.**
- Fogos florestais.**
- Armazenamento de resíduos tóxicos.**

Pede apoio ao teu professor de maneira a poderes consultar jornais, revistas ou outros meios disponíveis.

Comentários:

1. A maior parte dos manuais apresentam algumas pequenas biografias de cientistas, em "caixas" à parte do texto principal. É discutível se os alunos as lêem. Empenhar os alunos na escrita duma pequena biografia, poderá suscitar curiosidades e ligar mais eficazmente o trabalho do cientista com os conceitos e leis apresentados no texto principal do manual.

2. O objectivo principal desta actividade é o de empenhar os alunos em problemas sociais da actualidade. Através da recolha de informações sobre um dado problema, o aluno poderá com maior fundamento emitir as suas opiniões sobre ele.

ANEXO 4

FICHA DE TRABALHO B

Ficha de Trabalho B

Esta ficha de trabalho tem os seguintes objectivos:

- Fazer uma introdução ao uso de indicadores de ácido-base.
- Os alunos analisem as relações Ciência/Tecnologia/Sociedade através da comparação da época de Boyle com a actualidade.
- Promover uma pequena investigação sobre as técnicas actuais da tinturaria.

Tradicionalmente, os Manuais Escolares incluem neste tema, a preparação, pelos alunos, de indicadores caseiros, que posteriormente são testados com produtos de uso comum e/ou com ácidos e bases existentes no laboratório.

Pretende-se abordar este mesmo assunto, de uma outra forma, que possibilite aos alunos a compreensão das relações C/T/S e incluir um pouco de História da Química.

A ficha deve ser realizada em pequenos grupos, na sala de aula, sendo as actividades propostas concretizadas individualmente.

Para cada questão da ficha de trabalho faz-se um comentário dirigido ao professor no sentido de o apoiar na exploração de cada uma das questões.

"Robert Boyle e a indústria de tinturaria medieval"

Robert Boyle, um químico inglês do séc. XVII, constatou que os extractos de determinadas plantas ou pétalas de flores mudam de cor quando na presença de determinadas soluções.

Este fenómeno é descrito, pelo próprio Boyle, da seguinte maneira:

"Tome um bom xarope de violetas, impregnado com a tintura das flores e deixe cair um pouco num papel branco... Sobre ele deixe cair duas ou três gotas de vinagre ou qualquer outro licor ácido. Constatará que o xarope se torna imediatamente vermelho."

Supõe-se que os estudos de Boyle sobre a cor foram inspirados na experiência dos tintureiros medievais que tingiam os tecidos, usando corantes naturais, como os já referidos extractos de plantas. O próprio Boyle refere que: "Muitas experiências foram-nos proporcionadas pela indústria da tinturaria."

Os tintureiros medievais preparavam um extracto de cor púrpura a partir de uma planta, e embebiam nele pequenos panos de linho cru, que eram postos a secar. Quando estes panos secos eram introduzidos em água, originavam uma coloração vermelha que podia ser avivada com vinagre. Se os panos de linho eram previamente tratados com "água de cal", ficavam com uma cor violeta. Podiam, posteriormente, ficar com uma cor azul pálida, se tratados com urina.

Estes pedaços de pano, preparados de antemão e armazenados, eram uma fonte de cor para os tintureiros e pintores medievais.

Boyle foi o primeiro a reconhecer a importância destas mudanças de cor para a Química e a estudá-las cientificamente, detectando em que condições é que elas ocorrem. Ele estava convicto que os princípios científicos aplicados à técnica promoveriam o desenvolvimento industrial.

Vamos tentar tingir pedaços de pano cru de várias cores. Para isso, vamos preparar um extracto de couve-roxa que nos servirá de base à obtenção das várias cores.

- 1. Arranja uma couve-roxa que deves cortar em pequenos pedaços. Coloca-os num copo com água e deixa ferver, durante alguns minutos, até obteres uma solução o mais roxa possível.**
- 2. Deixa arrefecer a mistura, filtra-a e armazena-a num frasco, que deves rotular.**
- 3. Corta pequenos pedaços rectangulares de pano cru, que deves ter lavado previamente, para retirar a goma.**

Comentário: Toda esta fase do trabalho pode ser efectuada pelos alunos em casa, pois é simples e segura, pedindo-se aos alunos (por exemplo, por grupos) para trazerem o material já preparado para a aula.

- 4. Vais tratar, previamente, os pedaços de pano, de diferentes maneiras. Para isso, em recipientes rasos, embebe-os em vinagre água de cal, lexívia, limpavidros, solução de hidróxido de sódio e uma solução de um ácido forte.**

Em cada um dos recipientes, junta um pouco do extracto de couve-roxa que preparaste.

Faz um registo das diferentes colorações dos panos, identificando-as com a forma como os preparaste.

Comentário: O extracto de couve-roxa apresenta uma gama muito variada de cores, em diferentes soluções, que vai do vermelho, em solução ácida, até ao verde, em solução alcalina, passando pelo azul e amarelo. Isto depende do pH do meio. Os alunos podem experimentar preparar os pedaços de pano com diferentes soluções e assim obter diferentes tonalidades da mesma cor. O objectivo do registo é organizar o debate em torno das condições em que se obtêm as diferentes cores.

- 5. Deixa os panos embebidos nas soluções, até á próxima aula.**
 - 6. Retira-os dos recipientes e seca-os, por exemplo, com um secador de cabelo.**
-

QUESTIONÁRIO

1. És capaz de prever a cor com que ficariam os panos, se os tivesses preparado com diferentes produtos, como por exemplo, sumo de limão, detergente líquido, ou outros ?

Explica as tuas previsões.

Comentário: Pretende-se debater, com os diferentes grupos, que a cor obtida depende do carácter ácido, neutro ou alcalino da substância com que se prepara previamente o pano. É de chamar a atenção para o facto, que o carácter ácido ou alcalino, mais ou menos acentuado, produzirá diferentes cores ou diferentes tonalidades. Por exemplo, o verde obtido em solução alcalina, pode ir desde o verde alface até ao verde garrafa, dependendo do pH do meio.

Os alunos devem compreender que seria possível identificar as diferentes colorações com o carácter mais ou menos ácido das substâncias utilizadas.

Essa escala pode mesmo ser construída com a ajuda do professor na aula.

Podem testar-se produtos de uso comum, comparando as respectivas características ácidas ou alcalinas, usando a escala construída pelos alunos.

2. Experimenta a eficácia deste processo, de tingir os panos com um extracto natural. Será que a cor é resistente, por exemplo, à lavagem ?

3. O texto refere que R.Boyle estava convencido que a Ciência aliada à técnica promoveria o desenvolvimento industrial.

Concordas com esta previsão de Boyle ?

Escreve um pequeno texto sobre a forma como vês, nos dias de hoje, as relações entre os cientistas, a técnica e a indústria.

Comentário: Pretende-se que os alunos compreendam as diferenças entre a época de Boyle e a de hoje. É de referir a necessidade das próprias indústrias promoverem a investigação científica, criando os seus próprios laboratórios e contratando os seus

próprios cientistas. A investigação universitária está muitas vezes ligada e é subsidiada por empresas privadas. É importante realçar o papel dos químicos na indústria.

É de prever que o professor tenha um papel muito importante, para que os alunos escrevam o referido texto. Talvez um debate prévio na sala de aula, esclarecendo os alunos do que se pretende e recolhendo ideias, fornecendo a seguir alguns textos ou livros que os alunos possam consultar.

ACTIVIDADES

1. Escreve uma pequena biografia do químico Robert Boyle (séc XVII).

Consulta livros de química na tua biblioteca, enciclopédias e/ou pede ajuda ao teu professor.

2. Faz um pequena investigação sobre a forma como são, hoje em dia, tingidos os tecidos.

Vai, por exemplo, a uma tinturaria, perto de tua casa, e informa-te dos processos e dos produtos usados para tingir os tecidos.

Comentário: Pretende-se que os alunos se apercebam que hoje, existem corantes artificiais, praticamente de qualquer cor, e que são resistentes à lavagem. Pode avançar-se com a explicação, que os "tintos" usados dependem do tipo de fibra de que é constituído o tecido. Isto é, diferentes fibras requerem diferentes corantes. Para que uma peça de roupa fique bem tingida é necessário que as partículas do corante se liguem fortemente às fibras de que é feita a roupa.

ANEXO 5

**CORRESPONDÊNCIA ENVIADA A
EDITORAS E MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO**

Carlos Alberto C. Campos

Secção Autónoma de Didáctica
e Tecnologia Educativa
Universidade de Aveiro

Universidade de Aveiro, 9 de Setembro 1994

Domicílio: R. Camões, 99-5º Esq. Fr
4000 Porto

À Direcção Comercial de _____

Encontro-me a frequentar o Mestrado em Supervisão-
Especialidade de Física e Química na Secção Autónoma de Didáctica e Tecnologia
Educativa da Universidade de Aveiro.

A minha tese de dissertação, intitulada "A visão da Ciência
veiculada pelos Manuais Escolares de Física e Química - Implicações na Formação de
Professores", tem como ponto de partida a análise de partes de Manuais, recentemente
saídos no mercado, no sentido de categorizar algumas visões da Ciência nelas
transmitidas.

Pretendendo que a referida análise incida nos Manuais de
Química, do 8º e 10º ano de escolaridade, mais escolhidos pelos professores, vinha por
este meio solicitar-lhes, caso fosse possível, uma ideia da aceitação que os vossos
Manuais de Química (8º e 10º anos) tiveram nas Escolas (número de escolas que os
escolheram ou perspectivas de vendas para o próximo ano lectivo).

Garantindo que qualquer informação apenas se destinará ao
estudo referido e será absolutamente anónima, agradeço o seu envio para o meu endereço
ou para a Universidade de Aveiro.

Sem mais de momento e agradecendo desde já a v/ atenção
Com os melhores cumprimentos

(Dr. Carlos Alberto Costa Campos)

Carlos Alberto C. Campos

**Secção Autónoma de Didáctica
e Tecnologia Educativa
Universidade de Aveiro**

Universidade de Aveiro, 19 de Outubro 1994

**Domicílio: R. Camões, 99-5º Esq. Fr
4000 Porto**

Exma Sra Directora Geral do Departamento de
Educação Básica

Sou professor efectivo do 4º grupo -A, do Q.N.D. da Escola Secundária de Rio Tinto-Gondomar e encontro-me a frequentar o Mestrado em Supervisão- Especialidade de Física e Química na Secção Autónoma de Didáctica e Tecnologia Educativa da Universidade de Aveiro (aluno nº11592).

Terminei em Julho deste ano a parte curricular do Mestrado e trabalho , neste momento, na tese de dissertação. Esta, intitulada "A visão da Ciência veiculada pelos Manuais Escolares de Física e Química - Implicações na Formação de Professores", tem como ponto de partida a análise de partes de Manuais, recentemente saídos no mercado, no sentido de categorizar algumas visões da Ciência nelas transmitidas.

Não me foi possível, em contacto com a D.R.E.N., obter dados sobre os manuais escolhidos pelas escolas, dado aquela Direcção Regional os não possuir.

Pretendendo que a referida análise incida nos Manuais de Química do 8º ano de escolaridade, mais escolhidos pelos professores, no corrente ano lectivo, vinha por este meio solicitar a V. Exa ,

caso fosse possível, informações que me possibilitassem escolher, pelo menos, três daqueles manuais .

Garantindo que qualquer informação apenas se destinará ao estudo referido e será absolutamente anónima, agradeço o seu envio para o meu endereço ou para a Universidade de Aveiro.

Sem mais de momento e agradecendo desde já a v/ atenção
Com os melhores cumprimentos

(Carlos Alberto Costa Campos)

Carlos Alberto C. Campos

**Secção Autónoma de Didáctica
e Tecnologia Educativa
Universidade de Aveiro**

Universidade de Aveiro, 19 de Outubro 1994

**Domicílio: R. Camões, 99-5º Esq. Fr
4000 Porto**

Exmo Sr. Director Geral do Ensino Secundário

Sou professor efectivo do 4º grupo -A, do Q.N.D. da Escola Secundária de Rio Tinto-Gondomar e encontro-me a frequentar o Mestrado em Supervisão- Especialidade de Fisica e Quimica na Secção Autónoma de Didáctica e Tecnologia Educativa da Universidade de Aveiro (aluno nº11592).

Terminei em Julho deste ano a parte curricular do Mestrado e trabalho , neste momento, na tese de dissertação. Esta, intitulada "A visão da Ciência veiculada pelos Manuais Escolares de Fisica e Quimica - Implicações na Formação de Professores", tem como ponto de partida a análise de partes de Manuais, recentemente saídos no mercado, no sentido de categorizar algumas visões da Ciência nelas transmitidas.

Não me foi possível, em contacto com a D.R.E.N., obter dados sobre os manuais escolhidos pelas escolas, dado aquela Direcção Regional os não possuir.

Pretendendo que a referida análise incida nos Manuais de Quimica do 10º ano de escolaridade, mais escolhidos pelos professores, no corrente ano lectivo, vinha por este meio solicitar a V. Exa ,

caso fosse possível, informações que me possibilitassem escolher, pelo menos, três daqueles manuais .

Garantindo que qualquer informação apenas se destinará ao estudo referido e será absolutamente anónima, agradeço o seu envio para o meu endereço ou para a Universidade de Aveiro.

Sem mais de momento e agradecendo desde já a v/ atenção
Com os melhores cumprimentos

(Carlos Alberto Costa Campos)

Carlos Alberto C. Campos

**Secção Autónoma de Didáctica
e Tecnologia Educativa
Universidade de Aveiro**

Universidade de Aveiro, 22 de Fevereiro 1994

**Domicílio: R. Camões, 99-5º Esq. Fr
4000 Porto**

Exmo Sr. Director da Associação Portuguesa de
Editores Livreiros

Sou professor efectivo do 4º grupo -A, do Q.N.D. da Escola Secundária de Rio Tinto-Gondomar e encontro-me a frequentar o Mestrado em Supervisão- Especialidade de Física e Química na Secção Autónoma de Didáctica e Tecnologia Educativa da Universidade de Aveiro (aluno nº 11592).

Terminei em Julho do ano passado, a parte curricular do Mestrado e trabalho , neste momento, na tese de dissertação. Esta intitulada "A visão da Ciência veiculada pelos Manuais Escolares de Física e Química - Implicações na Formação de Professores", tem como ponto de partida a análise de partes de Manuais, recentemente saídos no mercado, no sentido de categorizar algumas visões da Ciência nelas transmitidas.

Pretendendo que a referida análise incida nos Manuais de Química do 8º e 10º ano de escolaridade, mais escolhidos pelos professores, vinha por este meio solicitar-lhe , caso fosse possível, uma ideia da aceitação que os manuais de Química (8º e 10º anos) das diferentes Editoras tiveram nas escolas (p.e. quotas de mercado das diferentes edições).

Garantindo que qualquer informação apenas se destinará ao estudo referido e será absolutamente anónima, agradeça o seu envio para o meu endereço ou para a Universidade de Aveiro.

Sem mais de momento e agradecendo desde já a v/ atenção
Com os melhores cumprimentos

(Carlos Alberto Costa Campos)

ANEXO 6

**CARTAS JUNTAS À DOCUMENTAÇÃO
ENVIADA AOS JUÍZES**

Carlos Alberto C. Campos
Secção Autónoma de Didáctica
e Tecnologia Educativa
Universidade de Aveiro
Domicílio: R. Camões, 99-5º Esq. Fr.
4000 Porto (tel. 2081621)

Aveiro, de Fevereiro de 1995

Exmo Sr. Dr. _____

Encontro-me a frequentar o Mestrado em Supervisão-especialidade de Física e Química, na Universidade de Aveiro. A minha tese de dissertação inclui um estudo analítico de Manuais Escolares de Química, no sentido de detectar imagens de Ciência por eles veiculadas.

Tendo completado a inversão do instrumento de análise, vinha por este meio, pedir-lhe a sua opinião sobre o mesmo, no sentido de o melhorar em pontos que julgue menos claros.

Junto envio um esquema do modelo de análise para facilitar a sua leitura do instrumento.

Os critérios de análise estão polarizados em duas perspectivas, a A. empirista/positivista e a B. racionalista/construtivista. Esta polarização tem por objectivo enquadrar a análise em duas perspectivas opostas, partindo-se do pressuposto que um dado manual se situará entre as duas, podendo inclinar-se mais para a perspectiva A ou para a B.

A coluna "Observações/Sugestões" pretende clarificar aquelas duas perspectivas, tornando mais eficaz a utilização do instrumento.

Sem prejuízo de qualquer aspecto que julgue importante esclarecer, gostaria de lhe indicar alguns, sobre os quais agradecia que se pronunciasse:

- A designação das 2 perspectivas em empirista/positivista e racionalista/construtivista;
- A designação dos critérios de análise;
- A clareza da descrição dos critérios no sentido da eficácia da sua utilização na análise de um manual escolar.

Agradecendo desde já a sua importante colaboração para a implementação deste estudo

Com os melhores cumprimentos

(Carlos Alberto Costa Campos)

Carlos Alberto C. Campos
Secção Autónoma de Didáctica
e Tecnologia Educativa
Universidade de Aveiro
Domicílio: R. Camões, 99-5º Esq. Fr.
4000 Porto (tel. 2081621)

Aveiro, 26 de Outubro de 1995

Exmo Sr. Dr. _____

A minha tese de dissertação, do Mestrado em Supervisão- especialidade de Física e Química, incluiu a análise de 4 manuais de Química do 10º ano de escolaridade.

Tendo completado o trabalho de análise, e não querendo abusar da sua disponibilidade, vinha pedir-lhe a sua opinião sobre a forma como apliquei a grelha de análise, aos referidos manuais.

Na grelha de análise, que junto envio, os critérios utilizados para cada categoria, estão polarizados em duas perspectivas, a A, empirista/positivista e a B, racionalista/construtivista. Esta polarização tem por objectivo enquadrar a análise em duas perspectivas opostas, partindo-se do pressuposto que um dado manual se situará entre as duas, podendo inclinar-se mais para a perspectiva A ou para a B.

Envio-lhe, também, a estratégia de abordagem dos manuais, o modelo de trabalho por mim utilizado e fotocópias do tema analisado em cada manual.

Agradecendo desde já a sua importante colaboração para a implementação deste estudo.

Com os melhores cumprimentos

(Carlos Alberto Costa Campos)

ANEXO 7

CORRESPONDÊNCIA RECEBIDA



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
DEPARTAMENTO DO ENSINO SECUNDÁRIO

Sede: Av. 24 de Julho, 138-7 - 1391 Lisboa Codex
Telefones: (01) 397 7071 - 609500

Porto: Av. da Boavista, 1311-5 - 4100 Porto
Telefones: [REDACTED]

(02) 69 43 67 - 69 43 63 - 600 26 10

Exmo. Senhor
Dr. Carlos Alberto C. Campos

Rua Camões, 99 - 5º Esq. Fr.
4000 PORTO

Sua referência:

Nossa referência

NAT-Lisboa

Ofício n.º

Sua comunicação de

Proc.º

Data

3036 20.MAR.1995

ASSUNTO:

**Manuais Escolares de Química - 10º ano, mais
adoptados pelas escolas**

Em resposta ao seu pedido de informação sobre o assunto acima mencionado, cumpre informar que segundo os novos planos curriculares, a disciplina de Química constitui uma opção da Formação Específica do 12º ano dos Cursos de Carácter Geral dos Agrupamentos 1 e 2. Ao nível do 10º ano, o programa da disciplina de Ciências Físico-Químicas inclui uma componente de Química, relativamente à qual foram editados diversos manuais escolares.

Uma vez que, no seu pedido, especifica que a informação pretendida respeita à Química do 10º ano, faculta-se informação sobre os manuais relativos à componente de Química do programa de Ciências Físico-Químicas do 10º ano.

Assim, com base numa amostra aleatória de 100 escolas do país, os manuais de Química - 10º ano mais adoptados, no ano lectivo de 94/95, são:



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
DEPARTAMENTO DO ENSINO SECUNDÁRIO

Titulo	Autores	Editora
Química 10 ^º	Carlos Correa/Adriana Nunes/Noémia Almeida	Porto Editora
Química 10 ^º	Alda Pereira/Filomena Camões	Texto Editora
Química 10 ^º	António Santos/Vitor Duarte Teodoro	Didáctica Editora
Química 10 ^º	Maria da Graça Lourenço/Virgília Lopes	Porto Editora

Esperando que esta informação seja pertinente, face aos objectivos do seu estudo, desejamos-lhe a continuação de um bom trabalho.

Com os melhores cumprimentos.

P^o DIRECTOR

(José Matias Alves)

LD/SM