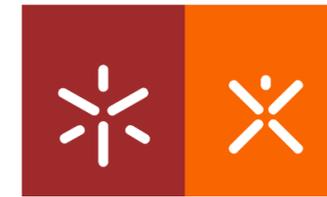




A história do Átomo no ensino da Física e da Química: um estudo com manuais escolares do 9º e 10º anos de escolaridade e seus autores

Maria Cristina Pires Machado Moura Antunes

UMinho | 2012



Universidade do Minho
Instituto de Educação

Maria Cristina Pires Machado Moura Antunes

A história do Átomo no ensino da Física e da Química: um estudo com manuais escolares do 9º e 10º anos de escolaridade e seus autores

Outubro de 2012



Universidade do Minho
Instituto de Educação

Maria Cristina Pires Machado Moura Antunes

A história do Átomo no ensino da Física e da Química: um estudo com manuais escolares do 9º e 10º anos de escolaridade e seus autores

Dissertação de Mestrado
Mestrado em Ciências da Educação
Área de Especialização em Supervisão Pedagógica
na Educação em Ciências

Trabalho realizado sob supervisão da
Prof^a Doutora Laurinda Leite

Outubro de 2012

DECLARAÇÃO

Nome: Maria Cristina Pires Machado Moura Antunes

Endereço Eletrónico: crismouraantunes@hotmail.com

Telefone: 918664147

Título da dissertação: A história do Átomo no Ensino da Física e da Química: um estudo com manuais escolares do 9º e 10º anos de escolaridade e seus autores

Orientadora: Professora Doutora Laurinda Leite

Ano da Conclusão: 2012

Designação do Mestrado: Mestrado em Ciências da Educação – Área de Especialização em Supervisão Pedagógica na Educação em Ciências

É AUTORIZADA A REPRODUÇÃO INTEGRAL DESTA DISSERTAÇÃO, APENAS PARA EFEITOS DE INVESTIGAÇÃO, MEDIANTE DECLARAÇÃO ESCRITA DO INTERESSADO, QUE A TAL SE COMPROMETE.

Universidade do Minho, Outubro de 2012

Assinatura: _____

(Maria Cristina Pires Machado Moura Antunes)

DECLARAÇÃO

Nome: Maria Cristina Pires Machado Moura Antunes

Endereço Eletrónico: crismouraantunes@hotmail.com

Telefone: 918664147

Título da dissertação: A história do Átomo no Ensino da Física e da Química: um estudo com manuais escolares do 9º e 10º anos de escolaridade e seus autores

Orientadora: Professora Doutora Laurinda Leite

Ano da Conclusão: 2012

Designação do Mestrado: Mestrado em Ciências da Educação – Área de Especialização em Supervisão Pedagógica na Educação em Ciências

É AUTORIZADA A REPRODUÇÃO INTEGRAL DESTA DISSERTAÇÃO, APENAS PARA EFEITOS DE INVESTIGAÇÃO, MEDIANTE DECLARAÇÃO ESCRITA DO INTERESSADO, QUE A TAL SE COMPROMETE.

Universidade do Minho, Outubro de 2012

Assinatura: _____

(Maria Cristina Pires Machado Moura Antunes)

AGRADECIMENTOS

Após a conclusão da dissertação de mestrado agradeço a todos os que de uma forma ou de outra contribuíram para a sua concretização.

De uma maneira muito especial, à Professora Doutora Laurinda Leite pela excelente orientação, por todo o apoio prestado, disponibilidade e palavras amigas.

Aos especialistas em Educação em Ciências que contribuíram para a validação dos instrumentos de recolha de dados.

Aos autores de manuais escolares que se disponibilizaram prontamente para me conceder entrevistas.

À minha mãe pelo apoio e pela ajuda que me prestou e por me ter transmitido o gosto pela investigação.

Ao meu pai por tudo o que ele me ensinou, o gosto pelo aprender, pela cultura, o nunca desistir perante as dificuldades, a capacidade de organização, o gosto pela vida, e tantas outras coisas que não caberiam nestas linhas.

À minha filha Susana pela sua energia e boa disposição contagiantes.

Aos meus colegas e amigos pelo seu companheirismo.

A história do Átomo no ensino da Física e da Química: um estudo com manuais escolares do 9º e do 10º anos de escolaridade e seus autores

Resumo

O desenvolvimento, na escola básica e secundária, da literacia científica dos alunos, incluindo a dimensão da natureza das ciências e do conhecimento científico, faz parte das atuais perspetivas para a Educação em Ciências. Um estudo do Átomo, com a inclusão de uma perspetiva histórica, pode permitir aos alunos desenvolver essa dimensão da literacia científica. Contudo, os manuais escolares de ciências, um elemento fulcral nos processos de ensino e de aprendizagem, nem sempre abordam da melhor forma os conteúdos históricos. Sendo o átomo um conteúdo curricular muito rico do ponto de vista da história das ciências, esta investigação pretendeu dar resposta à seguinte questão: por que é que os manuais escolares de 9º ano e de 10º ano (disponíveis no mercado português no ano letivo de 2009/2010) recorrem à informação histórica para abordar o Átomo, de determinado modo?

Para responder a esta questão, foi analisado o conteúdo respeitante à história do Átomo dos oito manuais escolares de 9º ano, de Ciências Físico-Químicas, e dos oito manuais escolares de 10º ano, de Química A, editados em 2009/2010, e entrevistados quatro autores desses mesmos manuais (dois de 9º ano e dois de 10º ano) que se disponibilizaram para participar na investigação em causa. Para a análise dos manuais escolares e para a realização das entrevistas (semiestruturadas), e tendo por base outros já existentes, construíram-se, respetivamente, uma grelha de análise e um protocolo de entrevista. Os resultados obtidos permitem concluir que as diferenças encontradas entre os manuais de 9º ano e de 10º ano, no que respeita ao conteúdo histórico acerca do Átomo, se prendem, no geral, com o desenvolvimento dos assuntos, que não é igual nos dois anos de escolaridade, e menos com a forma como esses mesmos assuntos são apresentados, a qual se revelou, no geral, bastante idêntica e pouco de acordo com as atuais perspetivas para a Educação em Ciências. Os autores, embora valorizem a inclusão da História das Ciências em manuais escolares, nem sempre o fazem da melhor forma, por questões que consideram alheias à sua vontade, e entre as quais se incluem limitações de espaço impostas pelas editoras. Assim, e dado que se sabe que os professores são muito dependentes dos manuais escolares, os resultados desta investigação sugerem a necessidade de se valorizar mais uma correta abordagem do conteúdo histórico incluído nos mesmos, de modo a aumentar a probabilidade de a História das Ciências, de boa qualidade, ser usada nas aulas de Química.

The history of the Atom in Physical Sciences teaching: a study with 9th and 10th grade textbooks and their authors

Abstract

Nowadays, it is fully acknowledged that science education should promote the development of students' scientific literacy, including an awareness of the nature of science and scientific knowledge. Studying the atom in a historical perspective can help students to develop this dimension of scientific literacy. However, research has shown that school textbooks, that are an outstanding resource in the teaching and learning processes, seldom deal with historical content in an appropriate way. Thus, as the Atom is curriculum topic that has a rich history, this piece of research aims at answering to the following research question: why do 9th and 10th grade textbooks (available from the Portuguese bookshops for the 2009/2010 academic year) deal with the historical content about the Atom the way they do?

In order to answer to this research question, the eight 9th grade physical sciences and the 8th 10th grade Chemistry A textbooks, edited in 2009/2010, were content analyzed and four of their authors (two related to 9th and other two related to 10th grade textbooks) were interviewed. To collect the necessary data, a checklist and an interview protocol were developed based on instruments available from other research studies.

Results indicate that 9th and 10th grade textbook differ with regard to the way they deal with the history of the Atom but the differences have to do more with the level at which content is dealt with in each grade level than with the resources used to approach it. Furthermore, results suggest that the way textbooks deal with the historical content is not consistent with nowadays perspectives for science education. On the other hand, although textbook authors seem to value the inclusion of History of Science in science education, they do not always deal with it in the best way due to reasons that lay beyond their will, as these have to do namely with space restriction imposed to them by the editors.

Thus, as teachers are heavily dependent on textbooks, the results of this research study indicate that the historical content of science textbooks should be more carefully dealt with in order to increase the probability of more and better history of science being used in chemistry classes.

ÍNDICE

	Pág.
AGRADECIMENTOS	iii
RESUMO	v
ABSTRACT	vii
ÍNDICE	ix
LISTA DE FIGURAS	xiii
LISTA DE TABELAS	xv
CAPÍTULO I – CONTEXTUALIZAÇÃO E APRESENTAÇÃO DA INVESTIGAÇÃO .	1
1.1 Introdução	1
1.2 Contextualização da investigação	1
1.2.1 Perspetivas atuais sobre a Educação em Ciências e sua integração nos currículos portugueses	1
1.2.2 Perspetivas atuais sobre a Educação em Ciências e História das Ciências ..	5
1.2.3 A História das Ciências nos currículos atuais portugueses	7
1.2.4 O Átomo nos currículos atuais portugueses	9
1.2.5 O manual escolar nos processos de ensino e aprendizagem	11
1.3 Questões de investigação	14
1.4 Importância da investigação	14
1.5 Limitações da investigação	15
1.6 Plano geral da dissertação	16
CAPÍTULO II – REVISÃO DE LITERATURA	17
2.1 Introdução	17
2.2 A história do Átomo na História das Ciências	17
2.3 A História das Ciências na Educação em Ciências	32

2.4 Propostas de exploração da História das Ciências e da história do Átomo na Educação em Ciências	43
2.5 A História das Ciências em manuais escolares	48
2.6 Professores, autores de manuais escolares e História das Ciências	55
CAPÍTULO III – METODOLOGIA	61
3.1 Introdução	61
3.2 Descrição da investigação	61
3.3 Estudo 1: Estudo sobre a história do Átomo incluída nos manuais escolares dos Ensinos Básico e Secundário	62
3.3.1 População e amostra	62
3.3.2 Técnicas e instrumentos de recolha de dados	64
3.3.3 Recolha de dados	66
3.3.4 Tratamento de dados	67
3.4 Estudo 2: Estudo sobre as opiniões de autores de manuais escolares dos Ensinos Básico e Secundário sobre a abordagem da história do Átomo nos manuais escolares	67
3.4.1 População e amostra	67
3.4.2 Técnicas e instrumentos de recolha de dados	69
3.4.3 Recolha de dados	73
3.4.4 Tratamento de dados	73
CAPÍTULO IV – APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DOS RESULTADOS	75
4.1 Introdução	75
4.2 História do Átomo incluída nos manuais escolares	75
4.2.1 Tipo e organização da informação histórica acerca do Átomo	75
4.2.1.1 Cientistas	75
4.2.1.2 Evolução do modelo atómico	78
4.2.2 Material usado para apresentar a informação histórica acerca do Átomo	84

4.2.3 Conteúdo histórico sobre o Átomo	93
4.2.4 Contexto no qual a informação histórica sobre o Átomo é enquadrada	100
4.2.5 Atividades de aprendizagem relacionadas com a história do Átomo	102
4.2.6 Bibliografia de História das Ciências e/ou do Átomo incluída nos manuais analisados	107
4.3 Opiniões dos autores de manuais escolares sobre a abordagem da história do Átomo nos manuais escolares	108
4.3.1 Conceções e prática de elaboração de manuais escolares dos autores	108
4.3.2 Importância atribuída pelos autores à História das Ciências no ensino das ciências	110
4.3.3 Razões para a inclusão (ou não) da história do Átomo nos manuais escolares	116
4.3.4 Razões para a inclusão da história do Átomo nos manuais de determinada forma	120
CAPÍTULO V – CONCLUSÕES, IMPLICAÇÕES E SUGESTÕES	131
5.1 Introdução	131
5.2 Conclusões	131
5.3 Implicações	134
5.4 Sugestões para futuras investigações	136
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	139
ANEXOS	145
Anexo 1 Manuais escolares analisados	147
Anexo 2 Grelha de análise do conteúdo histórico de manuais escolares de ciências desenvolvida por Leite (2002)	151
Anexo 3 Grelha de análise do conteúdo histórico incluído na abordagem do Átomo efetuada por manuais escolares de CFQ (9º ano) e de FQ A (10º ano)	155
Anexo 4 Manuais escolares mais adotados nas disciplinas de CFQ (9º ano) e FQ A (10º ano), no ano letivo de 2009/2010 (dados fornecidos pela DGIDC)	159
Anexo 5 Manuais escolares cujos autores foram entrevistados	163
Anexo 6 Protocolo de entrevista utilizado com autores de manuais de Ciências da	

Natureza (6º ano) de escolaridade (Figueiroa, 2001)	167
Anexo 7 Protocolo de entrevista aplicado a autores de manuais escolares de CFQ (9º ano) e de FQ A (10º ano)	171
Anexo 8 Transcrição de entrevistas realizadas a dois autores de manuais escolares, um de 9º ano, outro de 10º ano	183

LISTA DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1: Alguns exemplos de fórmulas de Dalton (1808) (extraído de La Cotardière (2010), p. 311)	25
Figura 2: Fotografia de Niels Bohr (extraído de M10L, pág. 88)	86
Figura 3: Fotografia de Louis de Broglie (extraído de M10L, pág. 89)	87
Figura 4: Esquemas de modelos atômicos (extraído de M9F, p. 146 e 147).....	87
Figura 5: Esquema do modelo atômico de Thomson (extraído de M9G, p. 146)	87
Figura 6: Esquema do modelo atômico de Rutherford (extraído de M9C, p. 133)	88
Figura 7: Comparação do modelo do átomo de Thomson como pudim de ameixas (extraído de M10I, p. 83)	88
Figura 8: Modelos sucessivamente adotados para o átomo de berílio (extraídos de M10M, p. 105)	88
Figura 9: Transição entre o modelo atômico de Bohr e o modelo quântico (extraído de M10N, p.90)	89
Figura 10: Equipamento utilizado por Joseph John Thomson nas experiências com raios catódicos (extraído de M9C, p. 131)	89
Figura 11: Esquema representativo da experiência de Rutherford (extraído de M9A, p. 20)	90
Figura 12: Esquemas de experiências realizadas com tubos de descarga (extraído de M9H, p. 178)	90
Figura 13: Esquema representativo da experiência de Rutherford (extraído de M10N, p. 91)	90
Figura 14: Texto elaborado por autores de manuais escolares (extraído de M9D, p. 210)	91
Figura 15: Desenho ilustrativo de Aristóteles e dos quatro elementos: água, ar, terra e fogo (extraído de M9E, p.92)	91
Figura 16: Imagens da nuvem eletrônica de um átomo de hidrogénio obtidas com um programa de computador (extraído de M9C, p. 135)	92
Figura 17: Símbolos de Dalton (extraído de M9F, p. 146)	92

Figura 18: Selos de Rutherford e de Bohr (extraído de M10I, p.83)

92

LISTA DE TABELAS

	Pág.
Tabela 1: Sugestões de utilização de tópicos da História das Ciências (adaptado de Esteban, 2003)	44
Tabela 2: Recomendações para o ensino da teoria corpuscular da matéria (adaptado de Nussbaum, 2000)	48
Tabela 3: Caracterização dos autores de manuais escolares entrevistados	69
Tabela 4: Estrutura do protocolo de entrevista	72
Tabela 5: Tipo e organização da informação histórica acerca dos 'Cientistas' (f)	76
Tabela 6: Tipo e organização da informação histórica acerca da 'Evolução do modelo atômico' (f)	79
Tabela 7: Material usado para apresentar a informação histórica acerca do Átomo (f)	85
Tabela 8: Conteúdo histórico relacionado com o Átomo abordado nos manuais escolares analisados	94
Tabela 9: Contexto no qual a informação histórica sobre o Átomo é enquadrada	101
Tabela 10: Atividades de aprendizagem relacionadas com a história do Átomo (f)....	103
Tabela 11: Bibliografia de História das Ciências e/ou do Átomo nos manuais escolares	107
Tabela 12: Funções atribuídas ao manual escolar	108
Tabela 13: Dificuldades sentidas na elaboração dos manuais escolares	109
Tabela 14: Benefícios da inclusão da História das Ciências no ensino das ciências	111
Tabela 15: Reações dos alunos perante os conteúdos históricos	112
Tabela 16: Como deve ser usada a História das Ciências no ensino das ciências	113
Tabela 17: Cuidados a ter com a utilização da História das Ciências no ensino das ciências	114
Tabela 18: Critérios para a seleção do conteúdo histórico sobre o Átomo	117

Tabela19:	Satisfação relativamente ao conteúdo histórico sobre o Átomo incluído no manual	117
Tabela20:	Expetativas sobre reações de alunos e professores face ao conteúdo histórico acerca do Átomo	118
Tabela21:	Conhecimento sobre o papel atribuído pelas Orientações Curriculares e pelos Programas à história do Átomo	119

C A P Í T U L O I

CONTEXTUALIZAÇÃO E APRESENTAÇÃO DA INVESTIGAÇÃO

1.1 Introdução

Este capítulo tem como finalidade fazer a contextualização e apresentação da investigação realizada.

Primeiramente, apresenta-se a contextualização da investigação (1.2). Neste ponto abordam-se as perspectivas atuais sobre a Educação em Ciências e a sua integração nos currículos portugueses (1.2.1) e a suas relações com a História das Ciências (1.2.2); aborda-se, também, a forma como a História das Ciências surge nos currículos atuais portugueses (1.2.3) e, particularmente, como a história do Átomo é mencionada nos mesmos currículos (1.2.4); e, por último, discute-se o papel do manual escolar nos processos de ensino e aprendizagem (1.2.5), designadamente no que respeita à influência que este tem na utilização de determinados recursos didáticos (como a História das Ciências) na sala de aula.

Seguidamente, são apresentadas as questões de investigação (1.3), a sua importância (1.4) e as suas limitações (1.5). Por último, é apresentado o plano geral da dissertação (1.6).

1.2 Contextualização da investigação

1.2.1 *Perspetivas atuais sobre a Educação em Ciências e sua integração nos currículos portugueses*

A educação deverá ter como finalidade principal dotar os cidadãos da capacidade de compreender a sociedade, nas suas múltiplas vertentes e interações, com referência ao passado e de modo a prever implicações para o futuro (Ribeiro-Claro *et al.*, 2004). Essa compreensão envolve também o conhecimento científico e tecnológico, o qual faz parte integrante da cultura contemporânea. Além disso, este conhecimento é uma ferramenta indispensável para o reforço do papel social, argumentativo e reivindicativo das populações (Ribeiro-Claro *et al.*, 2004), papel esse que assume particular relevância nas sociedades democráticas. Neste contexto, os alunos devem desenvolver, na escola, competências de literacia científica que lhes permitam, não só apreciar e entender a natureza das ciências e a interação destas com a sociedade e a tecnologia, mas também agir em prol do desenvolvimento sustentável do planeta (Ribeiro-Claro *et al.*, 2004). Por isso, deve-se ensinar ciências focalizando os temas sociais, considerados

relevantes num dado contexto e momento, uma vez que muitos deles têm subjacentes aspetos científicos ou tecnológicos.

Na verdade, os sistemas educativos, incluindo o português (Lei de Bases do Sistema Educativo), têm como um dos seus objetivos o contribuir para o desenvolvimento pessoal, social e cultural dos alunos (Henriques & Pedrosa, 2003).

O objetivo final do ensino das ciências passa, então, por formar indivíduos que considerem as ciências interessantes e importantes, que consigam aplicar conhecimentos científicos no seu quotidiano, bem como participar em debates relacionados com questões sócio-científicas (Vieira, 2007). Numa lógica de educação e não somente de instrução, a compreensão dos conceitos científicos deve ser contextualizada num leque alargado de competências, atitudes e valores, podendo-se, assim, falar de uma educação científica para a cidadania (Ribeiro-Claro *et al.*, 2004).

É neste quadro que vários autores e organizações, como a UNESCO (Organização das Nações Unidas para a Educação, a Ciência e a Cultura) consideram que o ensino das ciências se deverá reger por princípios que promovam a literacia científica de todos os alunos (Ribeiro - Claro *et al.*, 2004). Nesse mesmo contexto, a ONU (Organização das Nações Unidas) cria a Década das Literacias, de 2003 a 2012, com o objetivo de aumentar os níveis de literacia dos cidadãos, conceptualizados como um caminho para a paz, o respeito e o intercâmbio entre todos (UNESCO, 2005).

A OCDE (Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Económico) tem vindo a desenvolver uma estratégia internacional de avaliação dos conhecimentos e competências de alunos, considerados essenciais para a plena participação na sociedade (ex: OEDC, 2000; OEDC, 2003; OEDC, 2006; OEDC, 2009) e que se consubstancia no conhecido programa PISA (Programme for International Student Assessment). Essa estratégia representa um esforço de colaboração entre os países membros da OCDE, visando obter uma base de conhecimentos para a análise e investigação das políticas educativas (OECD, 2003).

Apesar de todas estas iniciativas, os resultados referentes à literacia científica dos cidadãos, designadamente dos portugueses, são pouco animadores, apesar de se ter verificado uma melhoria no desempenho dos alunos portugueses entre os anos de 2003 e 2009 (OECD, 2009). Neste contexto, o Relatório Rocard (DGI, 2007) reforça a necessidade de a revisão e o reposicionamento do ensino das ciências na Europa se tornarem áreas prioritárias para os legisladores europeus. Nesse mesmo Relatório são apresentadas várias recomendações para a

melhoria do ensino das ciências, tais como, a aposta em formas de pedagogia inovadoras, baseadas em práticas de investigação, e que consigam aumentar o entusiasmo dos estudantes pelas ciências, e a implementação de redes de professores, potenciadoras de um eficaz desenvolvimento profissional (DGI, 2007).

No contexto da realidade portuguesa, mais concretamente, no sistema educativo português, importa salientar o enquadramento legal (Lei de Bases do Sistema Educativo) que reconhece que a formação global dos indivíduos requer o desenvolvimento da literacia científica. De facto, a Lei de Bases do Sistema Educativo (Lei nº 46/86, de 14 de outubro, revogada pela Lei nº49/2005, de 30 de agosto) considera que o sistema educativo se organiza de forma a “assegurar a formação cívica e moral dos jovens” (art. 3º, c)). Nessa linha, refere que:

“a educação promove o desenvolvimento do espírito democrático e pluralista, respeitador dos outros e das suas ideias, aberto ao diálogo e à livre troca de opiniões, formando cidadãos capazes de julgarem com espírito crítico e criativo o meio social em que se integram e de se empenharem na sua transformação progressiva” (art. 2º, Ponto 5)).

No mesmo documento é referido, como um dos objetivos do ensino básico, o assegurar uma formação geral comum a todos os portugueses, na qual “sejam equilibradamente inter-relacionados o saber e o saber fazer, a teoria e a prática, a cultura escolar e a cultura do quotidiano” (art. 7º, alínea b)). Num mesmo registo de continuidade, no que respeita ao ensino secundário, a mesma Lei de Bases apresenta como um dos objetivos a privilegiar:

“criar hábitos de trabalho, individual e em grupo, e favorecer o desenvolvimento de atitudes de reflexão metódica, de abertura de espírito, de sensibilidade e de disponibilidade e adaptação à mudança” (art. 9º g)).

Os currículos e os programas são consistentes com essa mesma orientação (como se demonstra de seguida), não tendo modificação na sequência da recente alteração ao regime de escolaridade obrigatória para as crianças e jovens (Lei nº 85/2009 de 27 de agosto). Na verdade, esta alteração fez com que a escolaridade obrigatória passasse a incluir o ensino secundário ou a prolongar-se até que o aluno perfaça os dezoito anos de idade, mas os programas e os currículos não sofreram, nessa ocasião, qualquer alteração, mantendo o conteúdo e forma estabelecidos em 2001. Contudo, os alunos continuam a poder optar por continuar, ou não, ciências no ensino secundário.

No Currículo Nacional do Ensino Básico - Competências Essenciais (DEB, 2001), revogado pelo Despacho nº 17169/2011 de 23 de Dezembro, mas ainda não substituído, apresenta-se um conjunto de competências a desenvolver pelos alunos ao longo do ensino básico, entendendo-se aquelas como “um saber em ação ou em uso” (p. 9). No referido documento, a

noção de competência relaciona-se com o processo de ativar conhecimentos, atividades e estratégias em diversos tipos de situações. Por outro lado, advoga-se o ensino das ciências como fundamental, numa perspectiva de uma compreensão global, não compartimentada, que permita a compreensão da natureza do conhecimento científico.

Relativamente ao ensino secundário, no programa de Física e Química A, tomam-se, como orientações para o ensino das ciências, o desenvolvimento da literacia científica dos alunos e o desafio de os cativar para carreiras ligadas às Ciências e às Tecnologias (DES, 2001). Também o programa do 12º ano de Física considera que a apreensão da essência do conhecimento científico e as suas consequências para a sociedade devem constituir uma parte importante da cultura do cidadão da atualidade (DGIDC, 2004 a). Na mesma linha, o programa do 12º ano de Química considera que o ensino da Química se deverá reger por princípios promotores da literacia científica dos alunos, em oposição a uma lógica de mera instrução científica (DGIDC, 2004 b).

Assim, os currículos e programas em vigor até 2012 acertam a perspectiva de Hodson (1998) de que a educação em ciências deve ser multifacetada, permitindo aprender ciências, aprender a fazer ciências e aprender sobre as ciências (Hodson, 1998), sendo fundamental, tal como preconiza o Currículo Nacional do Ensino Básico (DEB, 2001), a vivência de aprendizagens em ciências, por parte dos alunos, para que possam exercer uma cidadania informada e responsável.

Estas perspectivas para o ensino das ciências requerem uma nova conceção de professor e de desenvolvimento profissional. De facto, a escola atual (plural, dinâmica e multicultural) aponta para a necessidade do desenvolvimento de competências fundamentais por parte dos professores (Alonso, 2007) que os dotem da capacidade de diagnosticar problemas e de refletir sobre esses mesmos problemas, de forma a conseguir estimular aprendizagens significativas nos seus alunos e a fomentar o seu desenvolvimento integral enquanto indivíduos e cidadãos. Perante a complexidade desta função e as exigências acrescidas que lhe coloca o facto de a sociedade e o conhecimento estarem em permanente e rápida mudança, o professor, ao longo da sua vida, terá de continuar a desenvolver conhecimentos, capacidades e atitudes, adotando na sua profissão uma postura reflexiva, investigativa, criativa e participativa (Alonso, 2007). Como afirmaram Alarcão e Roldão (2008), o professor deve ser “um profissional dotado de uma inteligência pedagógica, multidimensional e estratégica, e de capacidade reflexiva e autorreguladora” (p.16), que lhe permita investigar a sua ação, melhorá-la e aprender ao longo

da vida, desenvolvendo-se profissionalmente. No entanto, a atuação pedagógica do professor é influenciada pela qualidade dos recursos didáticos que utiliza e pelo conhecimento que deles tem.

1.2.2 Perspetivas atuais sobre a Educação em Ciências e História das Ciências

A sociedade atual caracteriza-se, cada vez mais, por avanços científicos e tecnológicos. A Escola deverá capacitar os estudantes para compreenderem e se integrarem nessa mesma sociedade, ou seja, a escola deverá educar os seus alunos para se sentirem à vontade na cultura da própria sociedade (Aikenhead, 2009). Nesta perspetiva, não são os conceitos o fulcro do processo de ensino e aprendizagem mas sim a formação integral do indivíduo, concebida como a formação de cidadãos críticos e intervenientes em todas as problemáticas sociais. Tal não significa que os conteúdos não sejam importantes; pelo contrário, são essenciais, por serem indispensáveis para os indivíduos poderem ganhar algo que não tinham antes, para se tornarem mais competentes, ou seja para serem capazes de aplicar, analisar, interpretar, pensar e agir nos diferentes domínios do saber (Roldão, 2003). Nesse contexto, atualmente e a nível mundial, o desenvolvimento do currículo e as práticas na sala de aula norteiam-se pelo *slogan* da literacia científica (DeBoer, 2000; Aikenhead, 2009).

Apesar de ter sido introduzido nos finais da década de 50 (do século XX), o conceito de literacia científica não tem uma única e consensual definição, sendo que algumas definições explicitam umas dimensões e outras consideram outras (DeBoer, 2000).

Segundo Shamos (1995), a literacia científica pode definir-se como sendo uma sensibilização para as ciências feita através dos processos das próprias ciências. A literacia científica conseguir-se-á dando mais ênfase à metodologia e aos processos das ciências, em detrimento de uma grande quantidade de conteúdos conceptuais ensinados nas escolas.

Bybee (1997) fala de uma literacia multidimensional, ou seja, de uma literacia que envolve a compreensão das estruturas conceptuais das ciências e da tecnologia, bem como dos aspetos que tornam essa compreensão completa, como a História e a natureza das Ciências, para além de salientar a relação entre as diferentes disciplinas científicas com a tecnologia e a sociedade.

A OCDE, considerando haver várias definições de literacia científica, formulou a seguinte definição:

“a capacidade de usar conhecimentos científicos, de reconhecer questões científicas e retirar conclusões baseadas em evidências, de forma a compreender e a apoiar a tomada de decisões acerca do mundo natural e das mudanças nele efetuadas através da atividade humana.” (OECD, 2003, p. 2).

Em 2006, a OCDE completou esta definição, no sentido de evidenciar a relação existente entre as ciências e a tecnologia e as atitudes dos alunos face a assuntos científicos e tecnológicos relevantes. Assim, foram incluídos aspetos, como: interesse pelas ciências; adoção de atitudes próprias da investigação científica; e responsabilidade perante os recursos e o ambiente (OECD, 2006). A literacia científica de um cidadão, segundo a OCDE (2009), refere-se, atualmente:

- ao conhecimento científico e ao uso desse conhecimento para identificar questões, adquirir novos conhecimentos, explicar fenómenos científicos e tirar conclusões baseadas em evidências acerca de assuntos relacionados com a ciência
- à compreensão dos traços característicos da ciência como uma forma de conhecimento e investigação humanos
- à consciência de como a ciência e a tecnologia molda os nossos ambientes materiais, intelectuais e culturais
- à disponibilidade para se envolver em assuntos científicos e nas ideias da ciência, como cidadão reflexivo” (p. 23).

A literacia científica poderá desenvolver-se em diversas vertentes, cada uma delas centrada, especialmente, numa área específica. Por exemplo, Gilbert & Treagust (2009) salientam a contribuição da Química para uma educação para a literacia científica, referindo-se, neste caso, a uma literacia química. Esta, segundo aqueles autores, envolve o desenvolvimento de competências, tais como: compreender a natureza da Química, as suas normas e métodos; compreender as teorias, conceitos e modelos da Química; compreender as relações entre a Química e as tecnologias baseadas na Química; apreciar o impacto da Química e das tecnologias relacionadas com a Química, na sociedade.

O desenvolvimento de uma literacia química com estas características requer o uso da História das Ciências, pois, com base em Hodson (1998), podemos afirmar que esta permite aos alunos aperceberem-se da natureza da Química e dos métodos usados na construção do conhecimento químico.

Rosmorduc (1983) considera que, como toda a criação humana, qualquer ciência é um produto social, ficando a dever-se a indivíduos que trabalham numa dada sociedade, que dispõem de certos meios de investigação, sejam materiais ou intelectuais, e que pensam no contexto da mentalidade dominante da sua época. Dito de outra forma, uma interpretação de um dado fenómeno surge num dado momento (e não em outro qualquer) e depende do contexto desse momento. Segundo o mesmo autor, neste sentido, o conhecimento científico é um produto histórico, resultante das condições existentes para a sua elaboração. Por outro lado, na mesma obra, Rosmorduc (1983) considera, e porque essas condições são dinâmicas, que a

evolução das ciências ocorreu ao longo do tempo, com períodos de florescimento e com períodos de estagnação, até mesmo de regressão, ou seja, as ciências têm uma história, que está relacionada com a história da Humanidade.

Dessa forma, importa que os alunos percebam como funcionam as ciências e de que maneira os cientistas foram criando os novos conhecimentos. A História das Ciências é, assim, uma componente da aprendizagem necessária para os alunos compreenderem a luta humana dos cientistas para resolverem problemas e criarem teorias, vendo, por vezes, outras desaparecer (Mintzes, Wandersee & Novak, 2000). Aliás, a História das Ciências contribui também para a promoção de uma melhor compreensão dos conceitos científicos e da metodologia usada pelos cientistas para fazer ciências (Domingues & Duarte, 2008).

Os recentes argumentos para a utilização da História das Ciências na educação em ciências relacionam-se, ainda, com a necessidade de as ciências estarem interligadas com as suas raízes históricas e sociais. Dessa forma, a História das Ciências poderá tornar-se, um instrumento para humanizar as ciências, contribuindo para a motivação e o interesse dos estudantes face às ciências (Erduran & Scerri, 2002).

Pretende-se, então, acima de tudo, desenvolver nos alunos que frequentam as nossas escolas bases históricas na área das ciências (Manlok-Naamam *et al.*, 2005), que os tornem cidadãos cientificamente cultos e capazes de tomar decisões sobre problemas sociais, com base na compreensão dos processos científicos e tecnológicos (Sequeira & Leite, 1988).

Em suma, a História das Ciências deverá ser estudada nas escolas, pois ela permite a consecução de algumas finalidades da educação atual, essencialmente, por se constituir como um elemento curricular importante para atingir as expectativas de literacia científica, designadamente as relacionadas com a compreensão da natureza das ciências e do conhecimento científico.

1.2.3 A História das Ciências nos currículos atuais portugueses

Os programas e os currículos portugueses reconhecem o papel da História das Ciências na educação em ciências.

De facto, em Portugal, a Reorganização Curricular do Ensino Básico e a Revisão Curricular do Ensino Secundário (consagradas, respetivamente, pelo Decreto-Lei n.º 6/ 2001, de 18 de janeiro e pelo Decreto-Lei n.º 7/2001, de 18 de janeiro), fornecem orientações no sentido da inclusão da História das Ciências no ensino das ciências.

Segundo o Currículo Nacional do Ensino Básico (CNEB), pretende-se que os alunos, ao estudarem ciências, procurem explicações fiáveis sobre o mundo, conheçam, por exemplo, “relatos de como ideias importantes se divulgaram e foram aceites e desenvolvidas, ou foram rejeitadas e substituídas” (DEB, 2001, p.130) ou reconheçam “que o conhecimento científico está em desenvolvimento permanente, sendo um conhecimento inacabado” (DEB, 2001, p.130).

No mesmo documento e relativamente às Ciências Físicas e Naturais, o CNEB defende o desenvolvimento de competências específicas, em diferentes domínios, nomeadamente, nos domínios do conhecimento (substantivo, processual, epistemológico), do raciocínio, da comunicação e das atitudes. Nesse âmbito, para o desenvolvimento dessas mesmas competências, o CNEB sugere diversas experiências educativas. Por exemplo, no que respeita ao conhecimento epistemológico, o CNEB (DEB, 2001) propõe:

“a análise e debate de relatos de descobertas científicas, nos quais se evidenciem êxitos e fracassos, persistência e formas de trabalho de diferentes cientistas, influências da sociedade sobre a Ciência, possibilitando ao aluno confrontar, por um lado, as explicações científicas com as do senso comum, por outro, a ciência, a arte e a religião” (p. 133).

No que respeita às orientações para o ensino da Física e da Química, sugeridas no programa de Física e Química A (DES, 2001), privilegia-se o conhecimento em ação e valoriza-se a História das Ciências aquando da apresentação das finalidades da disciplina e dos seus objetivos gerais (DES, 2001). Deste modo, são algumas as finalidades da disciplina que podem envolver a História das Ciências: “Compreender o papel do conhecimento científico, e da Física e Química, em particular, nas decisões do foro social, político e ambiental; [...] Compreender a cultura científica, incluindo as dimensões crítica e ética como componente da cultura atual; Ponderar argumentos sobre assuntos científicos socialmente controversos” (DES, 2001, p. 6 e 7). Estas finalidades poderão ser atingidas quando se faz uma abordagem histórica de conteúdos científicos.

No mesmo programa são apresentados os objetivos gerais da disciplina, sendo a História das Ciências explicitamente valorizada em alguns deles. Assim, destacam-se os seguintes: “Compreender o modo como alguns conceitos físicos e químicos se desenvolveram, bem como algumas características básicas do trabalho científico necessárias ao seu próprio desenvolvimento; [...] Conhecer marcos importantes na história da Física e da Química” (DES, 2001, p. 7).

A História das Ciências surge, também, em outros pontos desse programa, designadamente

quando o programa sugere formas de organização das aulas e apresenta orientações para a seleção de alguns materiais e estratégias a utilizar. Neste caso, o programa recomenda que sejam selecionados de tal modo que “permitam que os alunos, progressivamente, compreendam a natureza do conhecimento científico, a evolução histórica dos conceitos, bem como os contextos e implicações sociais da sua descoberta.” (DES, 2001, p.10).

A História das Ciências é, ainda, valorizada no programa do 12º ano de Física, nomeadamente nos objetivos gerais da disciplina (DGIDC, 2004a). De facto, um dos objetivos gerais apresentados no programa em causa é “Realçar a natureza do conhecimento científico, a forma como ele é construído e validado, distinguindo-o de outros tipos de conhecimento.” (DGIDC, 2004 a, p. 6) e um dos objetivos específicos apresentado é “Situar uma descoberta científica no contexto social e científico da época.” (DGIDC, 2004a, p. 10). A consecução destes objetivos requer o recurso à História das Ciências aquando da abordagem de conceitos científicos previstos no programa.

No programa do 12º ano de Química, apresenta-se como finalidade da disciplina o alargamento de competências, relativamente aos anos anteriores. Nessas competências incluem-se, na dimensão dos saberes, competências epistemológicas, designadamente, quando se pretende que os alunos desenvolvam uma “visão geral sobre o significado da Ciência, e da Química em particular, como forma de ver o Mundo, distinta de outras interpretações” (DGIDC, 2004b, p. 10).

Em suma, a História das Ciências é um conteúdo que, segundo currículos e programas em vigor, deve ser ensinada nas nossas escolas com vista ao desenvolvimento da literacia científica dos alunos, designadamente na vertente relativa à natureza das ciências e do conhecimento científico.

1.2.4 O Átomo nos currículos atuais portugueses

Em Portugal, a abordagem do Átomo é feita, no ensino básico, na disciplina de Ciências Físico-Químicas, e, no ensino secundário, nas disciplinas de Física e Química A (componente de Química), do 10º ano de escolaridade, e de Física, do 12º ano de escolaridade.

No ensino básico, para o desenvolvimento das competências a alcançar até ao final do 3º ciclo, o ensino das ciências está organizado em quatro temas, nomeadamente: Terra no espaço; Terra em transformação; Sustentabilidade na Terra; e Viver Melhor na Terra. A história do Átomo não surge explicitamente em nenhum dos quatro temas organizadores em torno dos quais se

centra a área das Ciências Físicas e Naturais (1º ao 3º ciclo do Ensino Básico). No entanto, no tema organizador Viver melhor na Terra, no tópico Classificação dos Materiais, refere-se a estrutura atômica (DEB, 2002). Dado que não são explicitados os conteúdos específicos a abordar mas, tendo em conta as competências, designadamente epistemológicas, a desenvolver nos alunos, nesse contexto, será possível e desejável a abordagem da história do Átomo.

A componente de Química, no programa de Física e Química A, 10º ano, encontra-se dividida em três partes, sendo que em todas elas é possível abordar aspetos da história do Átomo. O módulo inicial (Materiais: diversidade e constituição) tem como finalidade a consolidação de algumas ideias – chave para a exploração e construção de mais conhecimento químico, sendo a sua tónica colocada no reforço da ideia de que tudo é feito de substâncias, nas quais se encontram as moléculas. Na Unidade 1 (Das estrelas ao átomo) aborda-se a história dos átomos e das partículas sub – atômicas, dos elementos e da organização dos elementos na Tabela Periódica, começando pelo estudo do Big – Bang, origem do Universo, e terminando no modelo mais atual do átomo. Assim, Átomo de Hidrogénio e Estrutura Atômica é um dos conteúdos programático da Unidade 1 e “Referir os contributos de vários cientistas e das suas propostas de modelo atômico, para a formalização do modelo atômico atual” (DES, 2001, p. 30) é um dos seus objetivos. Para o alcançar, como sugestão metodológica, é apresentada a “pesquisa documental sobre modelos atômicos e sua evolução” (DES, 2001, p. 33) e, portanto, explicitamente referida a história do Átomo.

Na Unidade 2 (Na atmosfera da Terra: radiação, matéria e estrutura), aborda-se a evolução do planeta Terra e da sua atmosfera, estudando-se algumas moléculas no contexto em que apareceram, interagiram e contribuíram para a atmosfera e para o clima da Terra. Pretende-se que os alunos compreendam as moléculas, no que respeita à sua estrutura, às ligações entre os seus átomos e algumas das reações em que participam, mas que façam esse estudo contextualizado num dado momento histórico.

No que respeita ao 12º ano, os conteúdos do programa de Física encontram-se organizados em três componentes: Unidade I – Mecânica; Unidade II – Eletricidade e Magnetismo; e, Unidade III – Física Moderna, sendo que a segunda e a terceira Unidades apresentam referências explícitas à História das Ciências. Assim, na Unidade II é apresentado como objetivo de aprendizagem “Reconhecer a importância histórica da experiência de Thomson e fundamentar a determinação da razão e/m do eletrão.” (DGIDC, 2004 a, p. 61), sendo, também, sugerido “Descrever e interpretar a experiência de Milikan.” (DGIDC, 2004 a, p. 52).

Por outro lado, a Unidade III, além de dar uma visão da Física do século XXI, permite destacar aspetos essenciais da construção do conhecimento científico, apresentando e confrontando ideias e teorias científicas que revolucionaram a Física e as próprias ciências. Nesse contexto, “Relembrar os modelos atômicos” (DGIDC, 2004 a, p. 83) surge como indicação metodológica respeitante à Unidade III, no tópico “Introdução à Física Quântica”. Os modelos atômicos são aqui usados como exemplo de ideias que revolucionaram a Física e as ciências e que permitem, mais uma vez, levar a História das Ciências para a sala de aula.

Em síntese, há lugar para abordar a história do Átomo do 3º ciclo ao ensino secundário, incluindo o 12º ano, no maior cumprimento dos currículos e programas em vigor.

1.2.5 O manual escolar nos processos de ensino e aprendizagem

Em Portugal, a importância do manual escolar é reconhecida pela legislação. De facto, a Lei de Bases do Sistema Educativo (Lei nº 46/86, de 14 de outubro, revogada pela Lei nº 49/2005, de 30 de agosto) salienta que o manual escolar é um recurso educativo privilegiado no processo de ensino e aprendizagem, por ser um meio material de conveniente realização da atividade letiva (art. 41º, 2a). O Decreto-Lei nº 261/2007, de 17 de julho (que regulamenta a Lei nº 47/2006, de 28 de agosto, a qual define o regime de avaliação, certificação e adoção dos manuais escolares dos ensinos básico e secundário), refere que os manuais continuam a ser, na prática instituída, um instrumento fundamental do ensino e da aprendizagem, apesar de existir uma cultura pedagógica que preconiza a utilização de materiais de ensino diferenciados.

Na escola, frequentemente, os professores têm a necessidade de proceder a um processo de avaliação de um conjunto de manuais certificados, para seleção de um manual escolar a adotar na sua escola. O referido processo de avaliação deverá basear-se na adequação ao projeto educativo de cada escola, em particular, às características dos públicos-alvo, às características do meio envolvente e à diversidade social e cultural da comunidade escolar (Portaria nº 1628/2007, de 28 de dezembro). Por outro lado, a seleção do manual a adotar deverá basear-se num conjunto de critérios de apreciação de manuais, definidos pelo Ministério da Educação, anualmente, através da Direção Geral de Inovação e Desenvolvimento Curricular. No entanto, este tipo de critérios pode conduzir a interpretações diversas, “de acordo com as conceptualizações que os professores têm” (Duarte, 1999, p. 233). Acresce, ainda, que todo o processo de seleção de um manual escolar é considerado difícil pelos professores, principalmente porque os professores só se apercebem dos bons e dos maus aspetos do

manual depois de o terem usado (Johnsen, 1996). Mas a tomada de decisão dos professores no que respeita à seleção de um manual é também dificultada por outros fatores. Por um lado, poderá não haver uma grande diversidade na conceção dos manuais, apesar de existir um grande número de manuais escolares disponíveis no mercado português (Morgado, 2004). Por outro lado, é reduzida a formação dada aos professores, que inclua informação relevante para o processo de análise e seleção de manuais escolares (Brigas, 1997).

Sendo um recurso fundamental na educação, os manuais escolares têm sido alvo de diversa investigação, segundo diferentes perspetivas de análise. No que respeita à sua utilização, os resultados da investigação têm mostrado que a maioria dos professores orienta o seu ensino tendo por base o manual escolar, o que torna este um suporte básico e fundamental para organizar as aprendizagens dos alunos (Pereira & Duarte, 1998; Brigas, 1997; Martínez Losada *et al.*, 1999; Martins, 2002).

Autores como Brigas (1997) e Morgado (2004) concluíram que os motivos apontados pelos professores para recorrerem ao manual se relacionam, por vezes, com a falta de experiência letiva, com a falta de recursos alternativos disponíveis na escola e com a extensão dos programas. Esta dependência do manual tem como consequência os professores tenderem a seguir tudo o que nele está escrito, como sendo a melhor forma de proceder, e não contribuírem para o desenvolvimento, nos alunos, de uma perspetiva crítica face ao mesmo (Tormenta, 1996). Por outro lado, segundo Holliday (1994), os textos dos manuais estão repletos de perguntas de resposta memorística, que pouco levam a pensar, e de explicações inadequadas. Estas explicações podem mesmo originar confusões e induzir ideias incorretas sobre conceitos básicos do âmbito das ciências (Roth, 1994). O recurso a vários manuais escolares, por alguns professores, justifica-se para minimizar deficiências existentes em cada um dos manuais (Brigas, 1997).

Segundo Tormenta (1996), é necessário investir em manuais escolares estruturados em torno de práticas pedagógicas inovadoras. O autor clarifica esta ideia, referindo que, mesmo sendo inovadores, os manuais escolares não deverão ser encarados como o único recurso pedagógico a usar, pois, nesse caso, poderão assumir um estatuto de ortodoxia. Morgado (2004) defende, ainda, que os manuais escolares devem ter um caráter aberto e abrangente, constituindo-se como um recurso não limitativo, podendo, assim, estimular o papel dinâmico e interventivo dos alunos na construção dos seus próprios conhecimentos.

Alguns autores propõem formas de utilização do manual adotado que se poderão traduzir na

melhoria das aprendizagens dos alunos. Para Martins (2002), o manual pode ser um importante instrumento de trabalho para os alunos, se for utilizado de modo a promover as capacidades de autoaprendizagem destes e o espírito crítico na leitura e análise de textos científicos. Para Silva (2001), os manuais ao assentarem em pressupostos de que os alunos deverão ser responsáveis pela construção da sua própria aprendizagem, deverão conferir-lhes um grau de responsabilidade no processo de ensino e aprendizagem, assumindo o professor o papel de facilitador desse processo. Leite & Figueiroa (2002) referem que o manual terá que ser utilizado criticamente por todos os que o usam, de forma a que não constitua, em nenhum caso, um obstáculo à aprendizagem. O manual pode, ainda, passar a ser uma fonte de sugestões ou de consulta (Tormenta, 1996; Morgado, 2004), e os professores, quando o utilizam na sala de aula, deverão desenvolver estratégias que ajudem os alunos a aprender através do manual e dos textos nele incluídos (Finley, 1994; Holliday, 1994).

As dificuldades sentidas pelos estudantes na compreensão de textos constituem já uma importante área de investigação em educação. De facto, um dos desafios da escola prende-se com o desenvolvimento, nos alunos, de competências de leitura em diversas disciplinas académicas ou áreas temáticas (Lee & Spratley, 2010). Para Finley (1994), a fraca capacidade que os estudantes têm para entender os textos incluídos nos manuais escolares de ciências fica a dever-se, essencialmente, às diferenças entre as características dos textos dos manuais e os objetivos da educação científica. Para este autor, a falta de explicações adequadas para alguns conceitos importantes torna o manual pouco útil ao ensino. Finley (1994) considera, então, que os manuais, para se tornarem um recurso útil no processo de ensino e aprendizagem, deverão incluir descrições e explicações dos fenómenos naturais e os respetivos textos devem ser estruturados, considerando as possíveis conceções prévias dos alunos.

Alguns autores salientam a importância da formação de professores em todo o processo de seleção e utilização do manual escolar. Para Duarte (1999), tal formação poderá contribuir para uma melhor seleção dos manuais, assim como para um melhor exercício de mediação em relação à utilização do manual na sala de aula. Poder-se-á desenvolver, dessa forma, uma aprendizagem mais significativa das ciências. Segundo Silva (2001), o manual escolar deverá ser um objeto de reflexão na formação de professores, tendo por base princípios pedagógicos atuais, de forma a se evitar o reforço de práticas letivas de teor transmissivo.

Em suma, através de uma conveniente seleção e utilização, os manuais escolares poderão assumir, no processo pedagógico, um papel com múltiplas funções, “permitindo construir novas

experiências abertas a uma variedade infinita de perspectivas” (Johnsen, 1996, p. 281). Poderão ser um recurso que permitirá abrir portas aos alunos para um melhor conhecimento, não só da natureza e da sociedade, mas também do estatuto epistemológico das disciplinas a que respeitam.

1.3 Questões de investigação

Atendendo a que na escola básica e secundária se pretende desenvolver a literacia científica dos alunos, que esta inclui a dimensão da natureza das ciências e do conhecimento científico, que um estudo do Átomo pode permitir aos alunos desenvolver essa dimensão da literacia científica, mas que, no entanto, os manuais escolares, embora sendo um elemento fulcral nos processos de ensino e de aprendizagem, nem sempre lidam bem com os assuntos, esta investigação pretende dar resposta à seguinte questão: por que é que os manuais escolares de 9º ano e do 10º ano (disponíveis no mercado português no ano letivo de 2009/2010) recorrem à informação histórica para abordar o Átomo, de determinado modo?

Esta questão geral concretiza-se através das seguintes questões mais específicas:

- Que relação existe entre a abordagem histórica do Átomo que é feita pelos manuais escolares de 9º ano e 10º ano?
- Qual a qualidade científica do conteúdo histórico incluído nos diversos manuais aquando da abordagem do Átomo?
- Como explicam, os autores de manuais escolares, as características didáticas e científicas da abordagem histórica do Átomo incluída nos respetivos manuais?

1.4 Importância da investigação

Conforme se referiu, por um lado, o manual escolar assume uma grande importância no processo de ensino e aprendizagem, visível na respetiva utilização por parte dos professores e na legislação que o consagra como sendo um recurso educativo privilegiado nesse mesmo processo (Lei nº 46/86, de 14 de outubro, revogada pela Lei nº49/2005, de 30 de agosto). Por outro lado, a inclusão de uma dimensão histórica no ensino das ciências constitui-se como um elemento curricular fundamental para se atingirem as expectativas de literacia científica, as quais norteiam as principais finalidades da educação atual.

Considera-se, assim, importante para o ensino das ciências desenvolver um estudo acerca do modo como o conteúdo histórico é incluído nos manuais escolares da área da Física e da

Química, na medida em que a informação recolhida dos manuais poderá informar professores e educadores sobre se é feita uma correta abordagem histórica do tema, devidamente fundamentada, contextualizada e utilizando materiais adequados aos alunos, ou se é transmitida uma menos correta imagem das ciências e dos cientistas. Dessa forma, os professores poderão ter uma ideia da confiança a ter, ou não, no manual escolar, no que respeita à História das Ciências.

A referida informação torna-se, ainda, importante, no contexto atual e português, na medida em que, ao permitir conhecer a qualidade da abordagem didática dos manuais escolares, fornece dados para a sua melhoria e contribui, indiretamente, para promover o ensino das ciências.

No que respeita aos autores dos manuais escolares, a investigação realizada poderá contribuir para uma maior tomada de consciência da importância de uma adequada articulação entre o manual escolar e papel atribuído à História das Ciências na Educação em Ciências.

1.5 Limitações da investigação

As técnicas de recolha de dados utilizadas nesta investigação, designadamente a análise de conteúdo de manuais e a realização de entrevistas a alguns autores, assim como a própria seleção da amostra, introduziram algumas limitações na investigação realizada.

Na análise de conteúdo existem sempre limitações relacionadas com a adequação e clareza da definição do sistema de categorias e das grelhas de análise. Tendo como finalidade minimizar as referidas limitações, procedeu-se à validação das grelhas de análise, assim como do protocolo de entrevista utilizado. Acresce que a análise de documentos realizada, devido à natureza dos dados que fornece, coloca riscos de subjetividade que se tentaram minimizar, mas que não se pode ter a garantia absoluta de sua eliminação. Assim, e como recomendam De Ketele & Roegiers (1993), a aplicação da grelha a cada manual foi feita em dois momentos diferentes, de forma a se poder analisar se os resultados obtidos nesses dois momentos coincidiam, ou não. Nos casos em que permaneciam dúvidas, discutiram-se os resultados com a orientadora da dissertação, de modo a resolver as divergências iniciais. No caso das entrevistas realizadas, sempre que surgiram dúvidas, adotaram-se os mesmos procedimentos.

No que respeita às entrevistas realizadas, salienta-se como uma das limitações do respetivo estudo, o facto de a amostra se ter limitado a um pequeno grupo de autores, devido a não se ter verificado uma maior disponibilidade para mediar contactos por parte das Editoras ou uma maior

disponibilidade por parte dos autores.

1.6 Plano geral da dissertação

A dissertação está estruturada em cinco capítulos.

No Capítulo I, Contextualização e Apresentação da Investigação, começa-se por contextualizar a investigação em questão e apresentam-se os seus objetivos, através de questões de investigação a que se irá responder, a sua importância e as suas limitações.

No Capítulo II, Revisão de Literatura, expõe-se a fundamentação teórica da dissertação, abordando-se as perspetivas de alguns autores e alguns estudos sobre a história do Átomo na História das Ciências, a História das Ciências na Educação em Ciências, a exploração da História das Ciências e da história do Átomo na Educação em Ciências, a História das Ciências em manuais escolares e as práticas de professores e autores de manuais escolares na área da História das Ciências.

No Capítulo III, Metodologia, sintetiza-se a investigação e justifica-se a metodologia adotada em cada um dos dois estudos realizados. Para cada estudo, aborda-se a população e amostra, a técnica e o instrumento de recolha de dados e explicita-se a forma como foi realizada a recolha e o tratamento dos dados.

No Capítulo IV, Apresentação e Discussão dos Resultados, faz-se a apresentação e análise dos resultados dos dois estudos, procurando-se, sempre que possível, comparar os resultados obtidos com os resultados de outros estudos.

No Capítulo V, Conclusões, Implicações e Sugestões para Futuras Investigações, apresentam-se as conclusões retiradas da investigação realizada, faz-se uma reflexão sobre as possíveis implicações dos estudos para a educação em ciências e apresentam-se algumas sugestões para futuras investigações.

Seguidamente, apresentam-se, por ordem alfabética, as Referências Bibliográficas. Por último, são apresentados os Anexos, designadamente, a lista dos manuais escolares analisados, a grelha de análise e o protocolo de entrevista encontrados na literatura, os quais constituíram o ponto de partida para a criação dos instrumentos de recolha de dados utilizados nesta investigação, a grelha de análise e o protocolo de entrevista utilizados para recolher os dados apresentados nesta dissertação e, por último, a transcrição de duas das entrevistas realizadas.

CAPÍTULO II

REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Introdução

No presente capítulo é feita uma revisão de literatura, no sentido de fundamentar a investigação realizada. Assim, este capítulo divide-se em seis subcapítulos, correspondendo o primeiro, 2.1, à presente introdução, o segundo, 2.2, a uma síntese da história do Átomo na História das Ciências, o terceiro, 2.3, a uma discussão sobre a História das Ciências na Educação em Ciências, o quarto, 2.4, à apresentação de algumas propostas de exploração da História das Ciências e da história do Átomo na Educação em Ciências, o quinto, 2.5, a uma apresentação de alguns estudos sobre a História das Ciências em manuais escolares e o sexto, 2.6, a uma discussão sobre a problemática das práticas de professores e autores de manuais escolares na área da História das Ciências.

2.2 A história do Átomo na História das Ciências

Abordar a história do Átomo requer que se aborde a História da Química e que se tente encontrar pontes entre ambas estas histórias, dado que a primeira é parte integrante da segunda e, portanto, depende, pelo menos em parte, desta.

A ciência grega da Antiguidade, não era autónoma nem estava dividida em especialidades distintas, como estão as ciências atuais. O conhecimento da natureza era uma parte do conhecimento geral e dependia da filosofia. No entanto, a reflexão sobre a constituição da matéria constituía-se já nessa altura como uma questão importante (Rosmorduc, 1983).

Segundo alguns autores (Rosmorduc, 1983; Gratton, 1986; Prieto *et al.*, 2000; Silva & Silva, 2009), a vontade de descobrir uma unidade na diversidade das coisas fez com que alguns filósofos começassem a especular sobre a possibilidade de a matéria ser formada a partir de um elemento único, o princípio (*arqué*), constituinte de todas as coisas. Esse elemento era a água, para Tales de Mileto (entre os anos 600 e 500 a. C.), o ar, para Anaxímenes (aproximadamente 546 a. C.), o fogo, para Heráclito (aproximadamente 500 a. C.), uma outra substância não identificável com as atualmente conhecidas, para Anaximandro (610-547 a. C.), ou uma mistura de quatro elementos (o fogo, a água, a terra e o ar), para Empédocles (aproximadamente 490-435 a. C.).

Aristóteles (aproximadamente 383-322 a. C.), filósofo da Antiguidade, defendia a existência de uma matéria-prima que se manifestava sob a forma desses quatro elementos, os quais se distinguiam pelas suas qualidades, e funcionavam sempre aos pares: quente, seco; frio, húmido. Para Aristóteles, os elementos podiam transformar-se uns nos outros, através da qualidade que possuíam em comum, sendo qualquer substância a combinação ponderada dos elementos referidos (Gonçalves-Maia, 2006). Para explicar a natureza dos corpos celestes, Aristóteles introduziu um quinto elemento, o éter, que imaginava perfeito, eterno e incorruptível, muito diferente dos quatro elementos imperfeitos da Terra (Prieto *et al.*, 2000). Por outro lado, Aristóteles considerava não existir o vazio, pois o vazio, sem matéria, não podia existir porque, para ele, tudo o que existia era matéria.

Um marco importante para a evolução do conceito de matéria foi o atomismo grego, surgido há cerca de 2400 anos, com os filósofos gregos Leucipo de Mileto (nascimento cerca de 500 a. C.) e com Demócrito de Abdera (aproximadamente 460-360 a. C.). Leucipo defendia que o Universo era constituído por partículas muito pequenas e indivisíveis e por vazio. Demócrito, por sua vez, desenvolveu o atomismo (Silva & Silva, 2009), uma doutrina física que distingue entes geométricos, racionais, e realidade sensível. Os primeiros poderiam subdividir-se indefinidamente até se atingirem as partículas últimas da matéria, os átomos (Gratton, 1986). A palavra Átomo (do grego *atoma* que significa indivisível) pensa-se ter sido introduzida por Leucipo (Gonçalves-Maia, 2006).

Os átomos propostos por Leucipo são partículas indivisíveis, indestrutíveis, constituintes de toda a matéria e em perpétuo movimento. São duros, compactos, homogêneos, ocupam espaço e as suas dimensões e forma não podem ser alteradas. Combinam-se para formar objetos. Para os atomistas gregos, tão importante como a noção de átomo é a noção de vazio: onde existirem átomos não existe vazio e onde existir vazio não existem átomos. Juntos, átomos e vazio, compõem o universo. Demócrito considerava que, para além dos objetos inanimados, também a respiração, as sensações, os pensamentos e até a alma teriam átomos e vazio (Gonçalves-Maia, 2006). Os átomos em movimento combinavam-se ou separavam-se, produzindo mudanças na matéria (Sakkapoulos & Vitoratos, 1996).

Esta forma materialista de ver o mundo foi considerada insatisfatória por muitos intelectuais, entre os quais se destaca Platão (348 a. C.), com o seu atomismo baseado nas ideias de um Deus criador, “super visionador, e providente de tudo, o qual impunha ordem ao mundo caótico” (Sakkapoulos & Vitoratos, 1996, p. 297).

Para Platão, os quatro elementos, fogo, ar, água e terra eram compostos de diferentes partículas geométricas: o fogo, por um tetraedro regular, o ar, por um octaedro, a água, por um icosaedro, a terra, por diferentes partículas cúbicas. O fogo, o ar e a água podiam ser transformados uns nos outros, ao contrário dos átomos imutáveis de Demócrito. Acresce que, para Platão, o vácuo não existia (Sakkapoulos & Vitoratos, 1996).

Segundo Sakkapoulos & Vitoratos (1996), Aristóteles também não aceitava o atomismo de Demócrito nem a ideia de vazio, pois “os átomos pareciam tão nus, possuindo somente forma, tamanho e movimento para construírem um mundo repleto de cores, sentidos ou sons” (p. 298).

Tito Lucrécio Caro, poeta do século I antes de Cristo, dedicou aos átomos um grande número de versos na sua obra escrita *de Rerum Natura*, transmitindo a mensagem de Epicuro de Samos (341-271 a.C.), teórico do atomismo. Lucrécio fazia analogias entre as letras do alfabeto e os átomos, considerando que, assim como havia muitas letras comuns a várias palavras, também todos os tipos de coisas podiam ser criados através dos átomos (Silva & Silva, 2009).

Depois dos atomistas gregos, a ciência grega sofre uma regressão e, nos últimos séculos antes de Cristo, assiste-se a um empobrecimento gradual da investigação científica, prevalecendo o lado metafísico do conhecimento, que perdurará até ao Renascimento. Assim, nos primeiros séculos depois de Cristo a quebra da investigação dá lugar à magia, à alquimia e à astrologia (Gratton, 1986).

A filosofia grega infiltrou-se na cultura árabe, sobretudo quando Alexandria foi conquistada pelos árabes, em 641 d.C., tendo esse facto facultado o acesso direto aos trabalhos de Aristóteles, bem como a de traduções de vários escritos. A ideia atomista foi aceite pelos árabes, salientando-se Ar Razzes (? – 923 d.C.), filósofo árabe, físico e alquimista, cujo conceito de átomo apresenta muitas semelhanças com o de Demócrito (Lühl, 1992).

O despertar do pensamento científico inicia-se na Europa, por volta do século XIII, sendo então as ideias do atomismo e a possibilidade do vazio retomadas e discutidas (Gratton, 1986). No entanto, esse despertar do pensamento científico fica parado até ao século XV e só nos séculos XVI e XVII explode uma revolução científica marcada pela afirmação de que o lugar central do mundo deixa de caber à Terra e passa a caber ao Sol e, também, pelo renascimento do atomismo (Gratton, 1986).

Mas, a História da Química surge, também, ligada à Alquimia, pois, tal como a ciência da

Grécia Antiga, também a Alquimia desempenha um papel importante na origem da Química.

A Alquimia está presente em todas as civilizações: no Oriente, e, depois da China ou da Índia, surge em Alexandria, nos séculos II e III; com os árabes e persas; no Ocidente, nos séculos XI e XII, tendo-se prolongado até ao século XVII (Enciclopédia Larousse, 2007). A doutrina alquímica considera a existência de três princípios que constituiriam toda a matéria: o Enxofre, o Mercúrio e o Sal.

Tratando-se de um corpo de conhecimentos (distinto da religião ou da filosofia), fundado sobre factos e deduções, a Alquimia teve como objetivo o estudo da vida. A sua finalidade seria a descoberta de um elemento misterioso, do qual resultaria que a morte poderia ser retardada quase indefinidamente. Esse elemento podia ser: líquido, o elixir da longa vida ou panaceia, remédio para todas as doenças; ou sólido, pedra filosofal, a qual, introduzida na massa de um metal em fusão asseguraria a sua transmutação em ouro ou prata (Enciclopédia Larousse, 2007).

Gratton (1986) salienta que os alquimistas acumularam, no decorrer dos séculos, uma enorme quantidade de dados, separando e classificando substâncias simples e compostas, reconhecendo afinidades químicas e outras propriedades, abrindo, assim, algumas vias para a Química moderna e influenciando, favoravelmente, o pensamento de sábios, como Paracelso ou Newton, que a ela se dedicaram (Enciclopédia Larousse, 2007).

Segundo Rosmorduc (1983), Paracelso (1493-1541) salienta-se pela sua importância na emergência da Química enquanto ciência. Este sábio alquimista, reconhecendo os três princípios alquímicos (Mercúrio, Enxofre e Sal), considera que uma boa saúde reflete as proporções ideais desses princípios e que a doença reflete um desequilíbrio, conferindo, assim, à alquimia uma orientação terapêutica (La Cotardière, 2010).

Só no século XVI se repensa verdadeiramente o atomismo, tendo para esse facto contribuído dois acontecimentos diferentes: os trabalhos de Aristóteles são traduzidos para árabe, tornando-se conhecidos para os cristãos quando se iniciou a conquista da Espanha islâmica, no final do século XI; é descoberto o livro de Lucrecio, *de Rerum Natura*, em 1417 (Sakkapoulos & Vitoratos, 1996).

No século XVII assiste-se a um retomar do atomismo, designadamente com Gassendi, Boyle e Newton. Pierre Gassendi (1592-1655), em França, retoma as ideias dos atomistas gregos e, apoiando-se numa explicação mecanicista da Natureza, tenta conciliar os átomos da Antiguidade com “o pluralismo e dinamismo do mundo.” (Gonçalves-Maia, 2006, p. 70). Segundo Romano

(1993), para Gassendi “Os átomos eram a primeira coisa criada, não em número finito, como para Demócrito, mas em número suficiente para constituir o universo finito, [...] dotados de um movimento inalterável que os impele em todas as direções no vazio.” (p. 419).

O poder da experimentação impôs-se e, de acordo com Rosmorduc (1983), para diversas ciências, nomeadamente para a Química, o século XVII e a primeira metade do século XVIII foram o período das observações múltiplas e empíricas e da experimentação, que haveriam de ser determinantes para a aceitação de novas ideias sobre a constituição da matéria.

Com as obras *The Sceptical Chymist* e *a Origem das Formas e Qualidades de Acordo com a Filosofia Corpuscular*, de 1666, Boyle (1627-1691) inicia uma nova fase na História da Química, opondo-se à teoria dos quatro *arquês* de Empédocles, adotada por Aristóteles (Silva & Silva, 2009). De acordo com Gonçalves-Maia (2006), a ciência britânica durante o século XVII “foi marcada pela ênfase na experiência, na invenção e na utilidade” (p. 71). Assim, ainda no século XVII, Boyle, em Inglaterra, promovendo a deslocação da teoria atômica do campo filosófico para o campo experimental (Silva & Silva, 2009), defende a noção de matéria descontínua, formada por corpúsculos. Estes explicariam as propriedades físicas e as propriedades químicas da matéria, sendo a forma e as dimensões desses corpúsculos os responsáveis pela diferenciação das suas propriedades. No entanto, a teoria corpuscular de Boyle, ao fazer depender as propriedades químicas das substâncias da forma e das dimensões dos corpúsculos, impedi-lo-á de considerar que os elementos possam ser constituídos por corpúsculos idênticos (Gonçalves-Maia, 2006).

Boyle, duvidando dos elementos de Aristóteles e dos princípios de Paracelso, propõe uma definição de elemento químico: “Elementos são ... corpos simples e Primitivos; que não sendo feitos de quaisquer outros corpos, nem uns dos outros, são os Ingredientes dos quais aqueles que são chamados Corpos perfeitamente mistos são diretamente compostos e nos quais eles são por fim resolvidos.” (citado por Gonçalves-Maia, 2006, p. 72).

Os corpos perfeitamente mistos seriam as moléculas de hoje em dia, sendo então os elementos de Boyle, “partículas sólidas e fisicamente indivisíveis que se associavam nos grupos maiores que atualmente conhecemos pelo nome de moléculas e compostos químicos” (Silva & Silva, 2009, p. 40), ou seja, os átomos de Leucipo e Demócrito. O tamanho e a forma desses elementos confeririam as propriedades físicas às substâncias (Silva & Silva, 2009).

De acordo com Silva & Silva (2009), Newton (1643-1727) concebe os “corpos físicos como massas possuidoras de qualidades geométricas e *vis inertiae*” (p. 41) (força da inércia),

contribuindo definitivamente para universalizar o atomismo. A tendência mecanicista desenvolvida por Descartes (1596-1650) e Newton supunha o mundo formado por unidades, os átomos, os quais eram materiais inertes e todos semelhantes entre si, e os corpos materiais a receberem o movimento de forças externas ou de caráter mecânico (Prieto *et al.*, 2000).

Baseando-se nas ideias desenvolvidas na sua mecânica e na sua ótica, Newton considera que, tal como entre os planetas e os astros, existem forças de atração entre partículas microscópicas de matéria, as quais são a causa das reações químicas (Rosmorduc, 1983). Tais considerações são abordadas numa série de questões problemáticas, uma das quais relacionada com a Química, a ‘Questão 31’, da sua publicação ‘Opticks’, de 1704 (Bensaude - Vincent & Stengers, 1992), questão que, segundo estas autoras, poderá ser vista “como uma extrapolação da física gravitacional para a química.” (p. 74).

Em suma, no século XVII, a Química torna-se um campo privilegiado dos debates sobre o atomismo. A discussão desenrola-se à volta dos factos empíricos que testemunham a existência de átomos, tais como, os fenómenos da evaporação, rarefação, condensação e dissolução, que se podem descrever em termos de uma matéria descontínua, mas também de um debate entre o atomismo e a doutrina aristotélica (Bensaude - Vincent & Stengers, 1992). No entanto, a maior parte dos autores (ex. Gassendi, Boyle, Newton) usa indiscriminadamente os termos átomo, molécula, corpúsculo ou partícula, pretendendo estas palavras designar os ‘grãos’ de que é formada a matéria (Rosmorduc, 1983). Apesar dos esforços para apoiar empiricamente as ideias sobre o átomo, a dificuldade em ver os átomos e a aceitação da teoria do flogisto, durante mais de um século (Gratton, 1986), constituíram obstáculo à aceitação geral do atomismo durante o século XVIII e grande parte do século XIX.

A Teoria do flogisto, desenvolvida por Stahl (1660-1734), pretendia explicar o fenómeno da combustão. O flogisto seria “qualquer coisa de imponderável, misterioso, que acompanha todos os corpos combustíveis” (Gonçalves-Maia, 2006, p. 81). Os corpos possuiriam, assim, flogisto, sendo tanto mais combustíveis quanto mais flogisto possuísem. Quando se dava a combustão, o flogisto escaparia para o ar, não podendo o que resta arder mais, por já não ter flogisto (Gonçalves-Maia, 2006).

Assim, o desenvolvimento da Química aparece também ligado ao conhecimento da natureza dos gases que, entretanto, se desenvolve. De facto, graças aos trabalhos de Boyle, Mariotte (1620-1684), Hales (1677-1761), Black (1728-99), Cavendish (1731-1810), Priesley (1733-1844), Scheele (1742-1786) e Rutherford (1749-1819), “os gases foram perdendo o seu

mistério e começaram a ser considerados materiais por possuírem peso como os líquidos e os sólidos” (Prieto *et al.*, 2000, p. 23).

O ar, que até esta época era considerado como um dos elementos da Natureza, abrangia qualquer gás ou vapor. Batista van Helmont (1579-1644), ao investigar e catalogar uma lista de gases, iniciou a chamada Química dos Gases ou Química Pneumática. Black estuda o ‘Ar fixo’, o dióxido de carbono; Cavendish isola o hidrogénio, o ‘Ar inflamável’; Priesley isola e caracteriza o ‘Ar deflogisticado’, o que virá a ser o oxigénio; Scheele descobre o ‘Ar marinho deflogisticado’, o cloro e o ‘Ar inflamável’, o oxigénio; e Rutherford descobre o ‘Ar nocivo’ ou ‘Ar flogisticado’, o azoto (Gonçalves-Maia, 2006). Mas é Lavoisier (1743-1794) que, utilizando a Química Pneumática, reclassifica todas as espécies de gases por ele isoladas, sem apelo à teoria do flogisto (Bensaude - Vincent & Stengers, 1992).

Nos últimos anos do século XVIII lançam-se as bases para a criação da Química contemporânea, sendo a contribuição dos trabalhos de Lavoisier, sobre a conservação da matéria, importante para tal (Rosmorduc, 1983). Só nesta época o corpo de conhecimentos químicos ganha o estatuto de uma ciência, tendo as novas ideias e as novas teorias alcançado um nível de organização e demonstração (Gonçalves-Maia, 2006).

Para além de formular o famoso princípio da conservação da matéria, ‘na natureza nada se perde, nada se cria, apenas se transforma’, “Lavoisier revolucionou a química com a balança [...] e redefiniu o químico como aquele que coloca na balança todas as reações químicas” (Bensaude - Vincent & Stengers, 1992, p. 134).

Por um lado, Lavoisier, quando estuda a calcinação dos metais e observa o aumento de peso dos metais calcinados devido à formação de óxidos, contesta a ideia de que, sendo o flogisto mais leve que o ar, a sua presença numa substância faria com que ela parecesse mais leve (Bensaude - Vincent & Stengers, 1992). Dessa forma, terá contribuído para libertar a Química da teoria do flogisto (Bensaude - Vincent & Stengers, 1992; Gonçalves-Maia, 2006) e para a formulação de uma teoria para a combustão, baseada na combinação das substâncias com o oxigénio.

Por outro lado, Lavoisier sintetiza água a partir dos seus componentes, concluindo que esta não é um elemento mas sim um composto de hidrogénio e oxigénio. Rapidamente, Lavoisier enumera vinte substâncias elementares, tendo, no entanto, incluído nessa lista uma substância que designa Calórico, e que considera uma matéria imponderável do calor (Prieto *et al.*, 2000). Contudo, Lavoisier “não define elemento, não define princípio [...]. Prefere utilizar as

designações corpo simples e composto.” (Gonçalves-Maia, 2006, p. 105) e “condena como vã e metafísica a pesquisa dos elementos últimos da matéria” (Bensaude - Vincent & Stengers, 1992, p. 129). Nesta linha, para Lavoisier, os corpos simples seriam as substâncias indecomponíveis, últimos resíduos da análise e, mesmo que fosse possível serem ainda compostos por dois ou mais elementos (os constituintes últimos da matéria), só quando a experiência comprovasse que não eram corpos simples, eles seriam considerados corpos compostos (Bensaude - Vincent & Stengers, 1992).

Lavoisier, em equipa com outros químicos, desenvolve uma reforma na nomenclatura, a qual haveria de ser publicada, em 1787, na obra ‘Methode de Nomenclature Chimique’, documento que, na época, foi entendido como uma ofensiva contra a teoria do flogisto, provocando bastante controvérsia. No entanto, os princípios dessa nomenclatura, dois séculos mais tarde, ainda se mantêm (Bensaude - Vincent & Stengers, 1992).

No final do século XVIII, a Química é reconhecida como uma ciência (completa, autónoma e legítima, assente sobre bases sólidas) e como uma fonte de aplicações úteis para o bem-estar público (Bensaude - Vincent & Stengers, 1992).

No entanto, apesar da grande contribuição de Lavoisier para a aceitação da existência de átomos diferentes, muito havia ainda a fazer para compreender as alterações ocorridas nos materiais disponíveis no mundo natural e para consolidar o atomismo. Proust (1754-1826), realizando várias experiências com metais, observa que as relações de combinação dos metais com o oxigénio são constantes (Romano, 1993) e formula a lei das proporções fixas ou constantes: “as relações de massa segundo as quais dois ou mais elementos se combinam são fixas e não suscetíveis de variação contínua.” (Gonçalves-Maia, 2006, p. 105).

Dalton (1766-1844), com base nas ideias de Lavoisier e na lei de Proust, e ainda no trabalho de Newton, no início do século XIX, apresenta uma hipótese sobre a constituição da matéria (Gonçalves-Maia, 2006), que conduz à consolidação do atomismo e se constitui como a primeira teoria atómica, “assente em resultados experimentais quantificáveis e não apenas em considerações filosóficas” (Silva & Silva, 2009, p. 41). Ao mesmo tempo, essa hipótese pretende dar uma formulação matemática às observações dos fenómenos naturais (Romano, 1993).

Dalton interessa-se pela meteorologia e pelas propriedades físicas dos gases, nomeadamente pelas diferenças nas suas solubilidades. Assim, partindo da mesma hipótese de Lavoisier, segundo a qual os gases são formados por corpúsculos que se repelem sob a ação do calórico, Dalton conclui que é necessário distinguir os corpúsculos dos gases, não apenas pelo

tamanho ou forma, mas também pelo seu peso (Bensaude - Vincent & Stengers, 1992). Além disso sugere que as combinações químicas se fazem por unidades discretas, átomo a átomo, e que os átomos de cada elemento são idênticos (Bensaude - Vincent & Stengers, 1992). Assim, imagina que cada substância é formada por átomos, sendo estes, partículas muito pequenas, idênticas e indivisíveis. Um dado corpo, segundo a sua hipótese, é constituído por átomos que lhe são próprios, tendo massa constante e atraindo-se mutuamente. Cada elemento é representado por um símbolo e a cada átomo é atribuída uma massa (Rosmorduc, 1983). Os compostos seriam formados por uma combinação de dois ou mais átomos e uma reação química consistiria num rearranjo de átomos (Silva & Silva, 2009).

Para representar os átomos, Dalton utiliza círculos identificáveis por marcas internas, fazendo lembrar os símbolos dos alquimistas (La Cotardière, 2010). Na figura 1 apresentam-se alguns exemplos de fórmulas de Dalton.

Berzelius (1779-1848), químico sueco, substituiu os símbolos de Dalton para os elementos pela letra inicial dos respetivos nomes latinos, criando a atual nomenclatura. Por outro lado, explora a hipótese de Dalton e a Lei de Gay-Lussac (segundo a qual todos os gases devem ter o mesmo número de átomos num determinado volume), na tentativa de determinar, com rigor, as massas atômicas dos elementos. Entretanto, Avogadro (1776-1856), químico italiano, introduziu o conceito de molécula, considerando que “nas mesmas condições de pressão e temperatura, volumes de gases diferentes contêm o mesmo número de moléculas.” (Gonçalves-Maia, 2006, p. 108). A determinação experimental do número de Avogadro dá uma consistência numérica à noção de átomo e fixa a ordem das grandezas atômicas, marcando, dessa forma, a aceitação definitiva da estrutura atômica da matéria, visto “a solidez da medida ser a garantia da realidade dos átomos” (Gratton, 1986, p. 133).

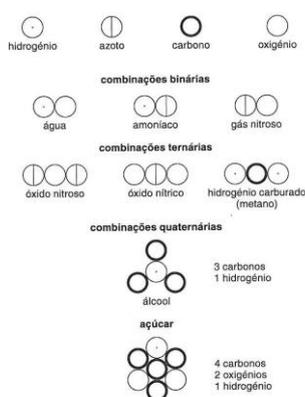


Fig.1: Alguns exemplos de fórmulas de Dalton (1808) (extraído de La Cotardière, 2010, p.311)

A sistematização lógica da Química é atingida mais tarde com Cannizzaro (1826-1910), mais precisamente quando, em 1860, no congresso de Karlsruhe, se discute a notação atômica e se aceita que “o átomo é a mais pequena massa capaz de existir em combinação e a molécula é a mais pequena quantidade capaz de existir livremente.” (Gonçalves-Maia, 2006, p. 110).

No mesmo congresso, o conceito de corpo simples, de Lavoisier, é substituído pelo conceito de elemento, o conceito de ‘átomo’, de Dalton, passa a ser designado por molécula e cada átomo passa a ter a sua massa atômica e cada molécula a sua massa molecular (Gonçalves-Maia, 2006).

Na segunda metade do século XIX foram realizadas, por muitos físicos, experiências incidindo sobre descargas elétricas em gases rarefeitos, contidos em tubos de vácuo, tendo-se gerado uma discussão acerca dos fenómenos luminosos que acompanham a descarga. Em consequência dos trabalhos de Crookes (1832-1919), Thomson (1856-1940), e outros físicos ingleses, pôde demonstrar-se que a descarga era constituída por um feixe de partículas carregadas negativamente, os raios catódicos, e que as partículas eram idênticas qualquer que fosse a substância por que era formado o cátodo do tubo em que se produzia a descarga, tendo, no entanto, a prova definitiva ficado a dever-se a Jean Perrin (1870-1942). O termo eletrão havia sido introduzido, por George J. Stoney (1826-1911), nos finais do século XIX, para designar estas partículas (Gratton, 1986).

Assim, o átomo continuava a ser conceptualizado como uma partícula indivisível até que, em 1897, se descobre o eletrão, na sequência das experiências de Thomson anteriormente referidas. De facto, os raios catódicos não se revelavam como simples radiação eletromagnética, visto moverem-se muito mais lentamente que a luz e transportarem carga, mas antes como feixes de eletrões que podiam ser gerados a partir de qualquer elemento químico (Gonçalves-Maia, 2006). Esta constatação mostrou que o átomo, não só não era uma partícula indivisível, mas antes era algo que continha outras partículas.

Thomson, posteriormente, sujeitando os raios catódicos à ação de um campo magnético, determina a relação entre a carga e a massa do eletrão e Milikan (1862-1953), entre 1909 e 1913, determina a carga do eletrão pela experiência da gota de óleo. A partir daí, Thomson concebe um modelo para o átomo, inspirado no bolo inglês *plum-pudding*. O átomo surge, assim, como uma massa arredondada, mais ou menos compacta, de carga positiva, onde se encontram incrustados os eletrões, tais como os pedaços de fruta cristalizada estão incrustados num bolo inglês.

A descoberta do elétron, apresentada à Royal Institution da Grã-Bretanha, no dia 30 de abril de 1897, terá contribuído para o conhecimento do domínio sub-microscópico e permitido a reformulação do conceito de átomo e a criação de uma nova mecânica (Silva & Silva, 2009).

A evolução do conhecimento do átomo ocorrerá, a partir desta época, através de três modelos designados de mecanicistas por considerarem que os elétrons se moviam seguindo as leis da mecânica clássica: o modelo de Rutherford (1871-1937); o modelo de Bohr (1855-1962); e o modelo de Bohr/Sommerfeld (Silva & Silva, 2009).

Rutherford (1871-1937) realiza experiências com a radiação alfa (íons de hélio com duas cargas positivas, He^{2+}), fazendo incidir um feixe de partículas em finas folhas de ouro. Verifica que uma parte das partículas sofre desvios da trajetória relativamente à radiação de incidência, e que algumas delas não atravessavam o ouro, retrocedendo. Concluiu que nos átomos deveria existir um campo de forças repulsivas criado pelas partículas positivas de Thomson, partículas que designou por prótons e que estariam concentradas num pequeno volume, o núcleo (Silva & Silva, 2009). A maioria das partículas alfa não entrava em contacto com o núcleo e atravessava o átomo, o que significaria que este era constituído, em grande parte, por vazio. Só poucas partículas alfa iam de encontro ao núcleo e eram por ele repelidas, sofrendo alguma deflexão ou voltando para trás.

A partir dos resultados obtidos, Rutherford propõe o primeiro modelo atómico credível. Segundo este modelo, o átomo seria formado por um pequeno núcleo, pesado e positivo, capaz de manter em equilíbrio a carga dos minúsculos elétrons que giravam em seu redor, assemelhando-se este átomo a um pequeníssimo Sistema Solar (Gonçalves-Maia, 2006). A matéria seria, então, formada por átomos e estes, em grande parte, seriam compostos de vazio, pelo que Gonçalves-Maia (2006) considera que “um cheirinho da Antiguidade atinge o século XX...” (p. 180).

O átomo de Rutherford apresentava, no entanto, algumas incongruências. O elétron, de acordo com a teoria eletromagnética clássica, ao mover-se em torno do núcleo emite energia, pelo que deveria diminuir, assim, progressivamente, o raio da sua órbita até cair sobre o núcleo (Gonçalves-Maia, 2006; Silva & Silva, 2009), o que não acontecia.

A solução para esta incongruência foi encontrada na hipótese de uma estrutura descontínua da radiação, proposta apresentada pelo físico Max Planck (1858-1947), em 1900. Quando a radiação e a matéria interatuam, a energia só pode ser absorvida em quantidades múltiplas de uma unidade fundamental – o *quantum* (Gonçalves-Maia, 2006). Esta teoria assentou, de acordo

com Silva & Silva (2009), na análise espectral da radiação emitida por corpos negros, corpos que absorvem toda a radiação que neles incide. Segundo os mesmos autores, quando se aquecia um pequeno orifício realizado num corpo opaco e oco (isto é, uma aproximação do corpo negro), verificava-se a emissão de radiação de diferentes cores, as quais seriam atribuídas à oscilação térmica de cargas elétricas. Planck, considerou que a emissão da radiação correspondia a transições por *quanta* de energia entre estados sucessivos de oscilação, ou seja, admitiu que a energia dos osciladores, responsável pela emissão de radiação, não formava um todo contínuo, vibrando, ao invés, com determinadas frequências. (Silva & Silva, 2009).

Por outro lado, o desenvolvimento das técnicas espectroscópicas terá tido um papel importante no entendimento da constituição dos átomos, ao permitir o estudo das radiações emitidas por vários elementos, através das quais se podia inferir a estrutura do átomo. Salientam-se nesta área os trabalhos respeitantes ao hidrogénio, realizados por cientistas como Balmer, Rydberg, Paschen, Lyman e Brackett (Silva & Silva, 2009).

Aos conhecimentos até então adquiridos terá vindo juntar-se o conceito de fóton, apresentado por Albert Einstein (1879-1955), e que terá explicado o efeito fotoelétrico com base na estrutura dos *quanta* de Planck, considerando que uma radiação consiste não só em ondas mas também, em simultâneo, num fluxo de partículas – os fótons. A energia dos fótons seria capaz de separar os eletrões dos átomos e de produzir fotoeletricidade (Gonçalves – Maia, 2006).

O grande aproveitamento do trabalho de Planck e Einstein foi feito por Niels Bohr (1855-1962). Por volta de 1913, Bohr descreve o átomo de hidrogénio, em termos quânticos, propondo um novo modelo atómico que assegura a estabilidade do átomo de Rutherford. De facto, se se admitir, como Bohr fez, que cada eletrão só pode estar num nível discreto de energia e que ao irradiar ou absorver luz salta para outro nível de energia permitido, os eletrões do átomo não irradiariam energia e não cairiam sobre o núcleo, ficando a estabilidade atómica assegurada (Gonçalves-Maia, 2006).

Segundo este novo modelo, os eletrões descreviam órbitas circulares estacionárias em torno do núcleo, tendo esta carga elétrica positiva igual ao produto do número de prótons pela carga elétrica do eletrão (Silva & Silva, 2009). Assim, a teoria de Bohr assenta em dois postulados:

- 1) Quando um eletrão gira em torno do núcleo, descrevendo uma órbita pertencente a um conjunto específico verifica-se uma exceção às leis do eletromagnetismo: não há emissão de ondas eletromagnéticas.
- 2) A emissão e absorção de ondas ocorrem instantaneamente, quando um eletrão salta de uma órbita quântica para outra; a frequência ν das ondas é igual a E/h , sendo E a diferença de energia entre as duas órbitas e h a constante de Planck; assim, a energia é absorvida ou emitida

em quanta de energia $E = h \nu$. “ (Gratton, 1986, p. 141).

O conhecimento dos resultados obtidos, por Lyman, Paschen e Balmer, na análise dos espectros do átomo de hidrogénio, e o seu confronto com os resultados obtidos para os comprimentos de onda das radiações correspondentes às transições entre dois estados de energia permitiu concluir que os resultados coincidiam, o que veio corroborar o modelo de Bohr. Assim, Bohr conclui que cada risca de emissão ou de absorção é determinada pela mudança de órbita de um eletrão, e as diferentes órbitas têm valores de energia discretos cuja unidade é o *quantum* de Planck (Bensaude - Vincent & Stengers, 1992).

No entanto, o desenvolvimento das técnicas espectroscópicas permitiu concluir que o modelo de Bohr apresentava algumas fragilidades, não conseguindo explicar alguns factos, nomeadamente o facto de cada risca do espectro do hidrogénio ser constituída por várias riscas muito próximas, a que corresponderiam comprimentos de onda muito semelhantes e, também, os espectros dos metais alcalinos (Silva & Silva, 2009).

Face às fragilidades do modelo de Bohr, Sommerfeld (1868-1951), em 1916, considera a possibilidade de as órbitas serem elípticas, classificando-as com base em determinados números inteiros ou quânticos: n , designado por número quântico principal, importante para a determinação da energia E da órbita; l , denominado número quântico azimutal, que quantificava o valor do momento angular do eletrão; m_l , n° quântico magnético, que quantificava a orientação do momento angular e, portanto, das órbitas, orientação essa referenciada ao campo magnético do próprio átomo. A cada nível estacionário acessível aos eletrões passou a corresponder uma energia E_{n,l,m_l} , definida por estes três números quânticos (Gratton; 1986; Silva & Silva, 2009).

Acresce que as propostas de Sommerfeld impuseram limitações aos valores possíveis destes números:

“ n pode tomar qualquer valor inteiro de 1 a infinito; existem n órbitas com o mesmo n , nas quais l toma os valores 0, 1, ..., $n - 1$; cada uma destas pode admitir $2l + 1$ orientações, que correspondem respetivamente a $m = -l, \dots, 0, \dots, +l$.” (Gratton, 1986, p. 142).

As experiências de Otto Stern (1888-1969) e Walther Gerlach (1889-1979), sobre o efeito de campos magnéticos em feixes de átomos e de moléculas, tendo despertado a atenção da comunidade científica, fizeram introduzir a necessidade de associar aos eletrões um novo momento magnético (Silva & Silva, 2009). A observação do desdobramento das riscas dos espectros na presença de um campo magnético levaram a considerar que o eletrão, para além do seu movimento orbital, possuía um movimento de rotação em torno do seu eixo, com duas orientações diferentes (Silva & Silva, 2009). Dessa forma, passa a ser atribuído a um eletrão,

além da massa e da carga elétrica, um momento angular intrínseco ou *spin*, como se o elétron fosse uma distribuição de massa e carga elétrica em rápido movimento de rotação. O *spin*, mais tarde, é considerado uma propriedade fundamental de todas as partículas, podendo assumir valores inteiros ou semi-inteiros, estando associado ao princípio de exclusão de Wolfgang Pauli (1900-1958) (Gratton, 1986), segundo o qual “dois elétrons num átomo não podem ser caracterizados por um conjunto idêntico de números quânticos.” (Bensaude - Vincent & Stengers, 1992, p. 336), ou, dito de outra forma:

“fixada uma órbita, ou seja, um terno de números quânticos n, l, m , podem existir nela dois elétrons, mas não mais de dois: um com o spin paralelo e o outro com o spin antiparalelo ao momento orbital.” (Gratton, 1986, p.143).

A partir das conclusões de Pauli, surge um quarto número quântico para definir o estado de um elétron, o número quântico magnético de *spin*, m_s , o qual quantifica a orientação do momento angular de *spin*, tomando os valores de $+1/2$ e $-1/2$ (Silva & Silva, 2009).

Apesar da sofisticação alcançada pelo modelo atômico de Bohr-Sommerfeld, a associação de uma onda ao elétron conduziu ao seu abandono e ao fim dos modelos mecanicistas do átomo. De facto, Louis De Broglie (1892-1987), ao propor a hipótese de que às partículas subatômicas se associa um comportamento dualista onda/corpúsculo e ao conseguir a respetiva verificação experimental, levou à substituição do modelo de Bohr-Sommerfeld por um novo modelo atômico consistente com uma nova mecânica (Silva & Silva, 2009).

Surge, nesse contexto, o modelo de Erwin Schrödinger (1887-1961), segundo o qual as partículas têm um comportamento de onda, pelo que o comportamento de um elétron, num átomo, ou de outra partícula subatômica deverá ser descrito por uma equação de onda, a qual representa a probabilidade de a partícula poder ser encontrada num determinado local do espaço, num dado instante. Em simultâneo, Werner Heisenberg (1901-1976) desenvolve a ideia, de que os objetos, a nível atômico, interatuam com os instrumentos que medem o seu comportamento, o que conduziu ao seu Princípio da Incerteza (Gonçalves-Maia, 2006).

Nasce, assim, em 1926, a chamada Mecânica Ondulatória, devida a Schrödinger, antecedida, em 1925, pela Mecânica Quântica, proposta por Heisenberg. Trata-se de duas teorias com linguagens diferentes, mas que atingem o mesmo fim, ou seja, que descrevem a dinâmica de um sistema quântico, em particular, do elétron (Silva & Silva, 2009).

Apesar de, desde 1930, a estrutura formal da mecânica quântica ter ficado praticamente pronta, a sua interpretação foi objeto de estudo por várias décadas. A impossibilidade de se conhecer, com precisão, a posição, a velocidade e a trajetória do elétron conduziu a que o

elétron não pudesse ser considerado um objeto bem definido no espaço e no tempo e a que onda que lhe está associada deixasse de ter o significado clássico, passando a ser uma representação de probabilidades. A consequência imediata, em termos de teoria atômica, foi o abandono da noção de órbita, como previsto no modelo de Bohr e de Bohr – Sommerfeld, passando-se a falar de regiões do espaço onde os elétrons têm probabilidade não nula de se encontrarem (Silva & Silva, 2009).

Para o átomo, segundo a nova teoria, deixa de se falar em órbitas, tal como se falava no modelo de Bohr ou de Bohr-Sommerfeld, substituindo-se esse conceito pelo conceito de orbital. Esta é “normalmente representada pela superfície de iso - probabilidade que envolve uma região em que a probabilidade de nela encontrar um dado elétron é igual a 99%” (Silva & Silva, 2009, p. 93).

Para definir o estado energético do elétron, a equação de onda conduz a um conjunto de soluções quantificadas por três números quânticos (número quântico principal, n , número quântico orbital, l , e número quântico magnético, m). Em 1928, Paul Dirac (1902-1984) confirma teoricamente a existência do *spin* e a atribuição ao elétron do momento angular de *spin*. Estes números quânticos, ao contrário dos números quânticos associados ao modelo de Bohr-Sommerfeld, resultam naturalmente do modelo atômico (Silva & Silva, 2009).

Importa referir que o modelo de Bohr continua a ser utilizado em cálculos que não exijam grande precisão. Tal é devido ao facto de a região do espaço relativa ao máximo de probabilidade de encontrar o elétron coincidir com o valor calculado por Bohr para o raio da órbita circular, correspondente ao mesmo valor de n . Por exemplo, a distância para qual é máxima a probabilidade referente à orbital $1s$ coincide com o valor do raio da órbita de Bohr para n igual a um (Silva & Silva, 2009).

Em 1932, James Chadwick (1891-1974) descobre o neutrão, partícula que Rutherford já previra em 1920, considerando que seria o resultado da junção de um próton com um elétron, visto ter carga nula e massa muito próxima da do próton. Para a sua identificação terão contribuído as experiências realizadas por alguns físicos e que consistiram em bombardear berílio ou boro com partículas alfa, obtendo-se uma radiação sem carga, diferente das radiações já conhecidas. Interpretou-se como sendo uma radiação de neutrões, radiação que se caracterizava por não sofrer ação de campos elétricos e que era capaz de penetrar no núcleo, mesmo de elementos pesados (Gonçalves-Maia, 2006). No mesmo ano é identificado o positrão, presente na radiação cósmica, e que é a antipartícula do elétron (Gratton, 1986).

Recentemente foram identificadas outras partículas elementares: o neutrino, os quarks, os léptões e os bosões. O maior centro mundial de física das partículas é o CERN (Organização Europeia para a Investigação Nuclear, antigo acrónimo para Conseil Européen pour la Recherche Nucléaire), que se localiza em Meyrin, perto de Genebra, na Suíça, e que compreende vinte estados membros, incluindo Portugal. No CERN explora-se a constituição da matéria e as forças que mantêm a sua coesão (Gonçalves-Maia, 2006).

A exploração do interior do átomo continua a interessar a comunidade científica e as novas descobertas, decerto, contribuirão para o aperfeiçoamento do modelo atómico atualmente aceite como sendo o que melhor se adequa às evidências experimentalmente obtidas até ao momento.

2.3 A História das Ciências na Educação em Ciências

Começamos por apresentar uma breve perspetiva histórica sobre a inclusão da História das Ciências na Educação em Ciências para depois nos centrarmos nos argumentos a favor e contra a utilização da História das Ciências na Educação em Ciências.

Vários estudiosos têm-se interessado e tentado encontrar interligações entre a História e a Filosofia das Ciências e a Educação em Ciências, sendo esta uma linha de ação com uma já larga tradição. Segundo Matthews (1991), um exemplo a salientar é Ernst Mach, que, no século XIX, tenta conciliar a História e a Filosofia das Ciências e a Educação em Ciências, advogando a inclusão de uma dimensão filosófica no ensino das ciências. Cientista e filósofo do período pós-moderno, Mach contribuiu para as teorias e práticas educacionais, particularmente da Educação em Ciências, avançando com algumas ideias sobre a educação, tais como: ensinar usando materiais concretos e, através deles, familiarizar os alunos com os fenómenos estudados; seguir a ordem histórica do desenvolvimento de um assunto; ensinar ao nível das capacidades dos estudantes; mostrar que o conhecimento científico se constrói e se vai melhorando. Mach acreditava que os currículos deveriam ser apresentados de maneira histórica, seguindo uma “abordagem genética” (Matthews, 1991, p. 12), encarando a História das Ciências como um instrumento capaz de melhorar o entendimento e ensino das ciências (Matthews, 1991).

Também em 1855, no discurso presidencial do Duque de Argyll (na British Association for the Advancement of Science (BAAS), em Glasgow) referia-se que, para a formação dos jovens, os resultados não seriam tão necessários como os métodos utilizados para os obter, pelo que a História das Ciências era essencial para essa mesma formação (Jenkins, 1991).

A BAAS repetiu estas considerações na sua conferência de 1917, reforçando a ideia de que

a História das Ciências pode proporcionar uma solução à barreira artificial existente entre os estudos literários e científicos que se estabeleciam nos currículos escolares (Matthews, 1994). No relatório da referida conferência, intitulado *Science Teaching in Secondary Schools*, são identificados três elementos motivadores que teriam caracterizado o desenvolvimento das ciências em diferentes períodos da sua história e que estariam também presentes em diferentes fases do desenvolvimento conceptual dos alunos, nomeadamente, o maravilhoso, a utilidade e a sistematização (Jenkins, 1991). Assim, a utilização da História das Ciências no ensino das ciências permitiria que esses elementos motivadores tornassem as ciências interessantes para os alunos de diversos níveis de escolaridade (Sequeira & Leite, 1988).

Em 1918, na Grã-Bretanha, alguns cursos, quer para alunos que iriam prosseguir cursos de ciências quer para alunos que deixariam a escola, continham já alguns tópicos de História das Ciências (Leite, 2002). Na década de 30 estavam já disponíveis cursos sobre História das Ciências para professores de ciências e até mesmo algumas disciplinas de História das Ciências em cursos do ensino superior. Contudo, a História das Ciências não era ainda considerada um assunto de superior interesse (Leite, 2002) e, por isso, a sua utilização no ensino não era generalizada. Mais recentemente, em 1988, o National Curriculum Council (NCC) recomendou que parte do currículo escolar de ciências deveria ser dedicado à História das Ciências (Viana & Porto, 2009).

Nos Estados Unidos, no fim dos anos quarenta, a História das Ciências passa a integrar a educação geral em ciências, verificando-se, assim, um desenvolvimento significativo da sua incorporação no ensino. A influência do presidente da Universidade de Harvard, James Conant, grande defensor da utilização da História das Ciências no ensino das ciências, foi dominante, dado que os seus casos de história das ciências foram amplamente adotados (Matthews, 1994). Estes casos consistiam na análise, por alunos da área das humanidades, de processos importantes no desenvolvimento das ciências e das suas implicações sociais e filosóficas (Solbes & Traver, 1996).

Bernard Cohen, professor em Harvard, defende, igualmente, a introdução de material histórico nos programas universitários de ciências. Organizou um simpósio sobre o tema na conferência anual de 1950 da American Association of Physics Teachers, e, na conferência intitulada *A Sense of History in Science*, abordou alguns episódios históricos convencionais, tendo evidenciado bastantes inexactidões cometidas neles. A fim de evitar este problema, Cohen recomendou um melhor conhecimento da História das Ciências pelos professores (Matthews,

1994).

O ensino das ciências concentrou muitas atenções a partir dos anos 50, na sequência do lançamento do primeiro satélite artificial, o Sputnik, pela então URSS, em 1957. Este acontecimento gerou alguma preocupação, nos Estados Unidos da América, e fez sentir a necessidade de melhorar a formação em ciências, em todos os níveis de ensino (DeBoer, 2000; Esteban, 2003). No entanto, as grandes reformas do ensino das ciências que entretanto se realizaram ocorreram sem a participação de historiadores das ciências (Matthews, 1994).

Contudo, na década de sessenta, nos Estados Unidos, surgiu um curso de ciências baseado em princípios históricos, relacionado com a dimensão cultural e filosófica das ciências, o Harvard Project Physics Course. Tendo sido o curso mais amplamente implantado nos Estados Unidos, e seguido por quase 15% dos estudantes de Física do ensino secundário, o seu êxito serviu de apoio a muitos defensores da História das Ciências (Matthews, 1994). Nesta mesma época também se salientam os trabalhos de Joseph Schwab, sobre a utilização de narrativas de investigação científica no ensino das ciências (citado por Solbes & Traver, 1996). Neste caso, os alunos eram confrontados com dados reais históricos e com situações problemáticas vivenciadas por investigadores, sendo uma forma de tomarem contacto com episódios da História das Ciências.

Nos anos 70, a American Physical Society incorporou uma secção de História da Física e, ao mesmo tempo, a History of Science Society, da Universidade da Florida, nos Estados Unidos, estabeleceu um Comité de Educação. No entanto, nesta época surgiram críticas à utilização da História das Ciências no ensino das ciências, havendo autores que discordavam dessa inclusão, por considerarem que o que era incluído era uma pseudohistoria (Matthews, 1994).

A American Association for the Advancement of Science (AAAS) propôs, em 1985, um amplo estudo nacional, o Projeto 2061, destinado a aumentar o interesse pelas ciências nas escolas. Tratou-se de um conjunto de propostas que havia sido planificado para um novo currículo de ciências americano. Em 1985, após quatro anos de deliberações e consultas, foram publicadas as suas recomendações no relatório intitulado *Science for All Americans*. Este relatório, constituído por doze capítulos, dedicou o décimo à História das Ciências, advogando a necessidade de as ciências, no ensino, serem mais contextualizadas, mais históricas e mais filosóficas ou reflexivas. As razões para a inclusão de algum conhecimento de História no currículo de ciências relacionam-se, por um lado, com o facto de as generalizações inerentes à iniciativa científica serem desprovidas de exemplos concretos, e, por outro lado, com o facto de

alguns episódios da História do desenvolvimento científico serem de grande importância para a nossa herança cultural (Matthews, 1994).

Em suma, o lugar da História na Educação em Ciências, embora já considerado em meados do século XIX, foi bastante reconhecido ao longo de todo o século XX, apesar de, mesmo assim, não se ter conseguido impor. Esse reconhecimento verifica-se, nomeadamente, quando a partir de 1920, se começa a considerar a contribuição da História e da Filosofia das Ciências para a aprendizagem do conhecimento conceptual e do conhecimento epistemológico, no âmbito da Educação em Ciências, e para o desenvolvimento de atitudes favoráveis face às ciências. O número de estudos e de investigações que se publicaram desde então salientam tal facto (Esteban, 2003). Acresce ainda que se publicaram vários livros e antologias, se realizaram várias conferências internacionais e que surgiu, em 1992, a revista *Science & Education*, especialmente dedicada a contribuições da História, Filosofia e Sociologia das Ciências e Matemática, o que denota uma preocupação com a promoção do ensino de diferentes ciências com recurso à História das Ciências (Duarte, 2007).

Refira-se ainda que as instituições American Association for the Advancement of Science, em 1995, e a National Research Council (NRC), em 1996, introduzem reformas na Educação em Ciências, nomeadamente através da inclusão da História das Ciências nos currículos. Duas ideologias emergem dessas reformas: primeiro recomenda-se que a Educação em Ciências equipe os indivíduos com instrumentos para descobrir ou solucionar assuntos que se relacionem com a vida das pessoas, humanizando as ciências; em segundo lugar, salienta-se que as ciências devem tornar-se relevantes, quer para as necessidades individuais, quer para as sociais, assumindo que a História das Ciências possibilita a interação entre as ciências e a sociedade e capacita os estudantes com algo mais do que as aquisições académicas, na medida em que valoriza a interação de cada indivíduo com o seu ambiente (Wang & Cox-Petersen, 2002).

Em Portugal, a inclusão da História das Ciências na educação em ciências é sugerida, por exemplo, por Martins (2002). Entre as recomendações para os professores que apresentam no seu Livro Branco da Física e da Química, salientam as que se relacionam com as práticas pedagógicas. Assim, recomendam:

“Devem utilizar-se estratégias que envolvam contextos diversificados do quotidiano dos alunos e da História das Ciências e das relações ciência, tecnologia e sociedade (CTS), de materiais e equipamentos manipuláveis e novas tecnologias de informação, que proporcionem um envolvimento ativo dos alunos na aprendizagem. Quer a dimensão CTS, quer a História das Ciências poderão ser contextos motivadores e potenciadores da aprendizagem dos conhecimentos científicos.” (p. 189).

Ao invés de um modelo enciclopédico, continuista, anacrónico, cumulativo e internalista da

História das Ciências, associado, geralmente, a um ensino baseado na transmissão de conhecimentos e que idealiza o ‘método científico’ (que não reflete o que se passa na investigação científica atual), as novas propostas para a utilização da História das Ciências – a nova historiografia das ciências - lançam novos desafios (Viana & Porto, 2009). Contudo, e como escrevem Viana & Porto (2009), “Se o nosso objetivo é desenvolver nos nossos estudantes a habilidade de abordar o conhecimento científico de uma forma crítica, e compreender a complexidade do processo de fazer ciências, então a nova historiografia das ciências pode ter muito para oferecer.” (p. 3).

Na verdade, são vários os argumentos que realçam as potencialidades educativas da utilização da História das Ciências no ensino das ciências. Um desses argumentos relaciona-se com a ideia de a História das Ciências permitir humanizar as ciências, mostrando-as como sendo uma atividade humana, coletiva, repleta de conhecimentos anteriores, e desenvolvida em determinados contextos: histórico, social, cultural, científico e/ou tecnológico. Ribeiro-Claro *et al.* (2004) salientam que, se os conceitos e as teorias científicas forem apresentados aos alunos de uma forma contextualizada, no espaço, no tempo e na cultura em que viveram os cientistas, a História das Ciências poderá ajudá-los a construir uma visão mais humanista das ciências e dos cientistas. As ciências poderão, assim, ser apreciadas como um empreendimento humano (Erduran & Scerri, 2002). Ao permitir inserir as ideias científicas na globalidade da cultura humana (Neto & Valente, 1991), a História das Ciências possibilita que se apresente aos alunos o contexto tecnológico, social, político, económico, religioso, etc. em que decorreu a “aventura da criação científica, evitando visões dogmáticas e descontextualizadas” (Gil, Solbes, & Vilches, 2001, p. 228).

Acresce ainda que, quando se mostra o lado humano dos cientistas, a História das Ciências pode permitir diminuir a visão negativa que muitos alunos têm sobre as ciências (Duarte, 2004). Nesse sentido, a utilização da História das Ciências no ensino das ciências poderá ser vista, inclusive, como uma forma de promover as atitudes dos estudantes face às ciências, diminuindo o número dos que não se sentem atraídos por elas (Manlok-Naamam *et al.*, 2005). De facto, muitos dos alunos assimilam, nos tempos atuais, uma imagem das ciências bastante negativa, ao invés do que acontecia no século XIX onde as ciências eram vistas como “importantes, interessantes e excitantes” (Manlok-Naamam *et al.*, 2005, p. 485).

Um outro argumento a favor da introdução de conteúdo histórico no ensino das ciências é o de que a aprendizagem das ciências pode ser facilitada por essa introdução. Tal poderá ser

possível por a História das Ciências contribuir para os professores poderem antecipar algumas concepções alternativas dos alunos e para criarem condições para a sua mudança conceptual e, ainda, para compreenderem melhor a resistência à mudança dessas mesmas concepções (ex: Leite, 1986; Gagliardi, 1988; Sequeira & Leite, 1988; Neto & Valente, 1991; Matthews, 1994; Hodson, 2008; Scheffel, Brockmeier & Parchmann, 2009). De facto, segundo alguns autores (Sequeira & Leite, 1988; Matthews, 1994; Wandersee & Roach, 2000; Leite, 2002; Scheffel, Brockmeier & Parchmann, 2009), algumas das ideias construídas pelas crianças apresentam alguma semelhança com ideias que foram, no passado, aceites pelos cientistas. Nesse contexto, através da História das Ciências, os estudantes poderão entender que algumas das suas ideias sobre determinados fenómenos são semelhantes às dos cientistas do passado. A História das Ciências poderá, então, ser usada para promover a mudança das ideias Aristotélicas, ou seja, ideias que não são cientificamente aceites mas que persistem como concepções alternativas nos estudantes (Leite, 1986; Scheffel, Brockmeier & Parchmann, 2009). Os alunos, ao se confrontarem com as ideias erradas dos cientistas do passado sobre determinados fenómenos, assim como com a relatividade de muitas dessas ideias e a dependência das mesmas do espírito que se vivia na época, terão mais facilidade em as criticar (do que as suas próprias ideias), conseguindo-se aperceber da fragilidade de algumas das suas próprias concepções (Leite, 2002). Assim, e apesar de não haver um total paralelismo entre a História das Ciências e o desenvolvimento da inteligência e do conhecimento individual, a História das Ciências pode dar pistas no sentido de se anteciparem e compreenderem as dificuldades dos alunos face à aprendizagem de determinados assuntos que já na História das Ciências foram difíceis de superar.

A História das Ciências pode, ainda, fomentar o desenvolvimento cognitivo do aluno. De facto, a utilização da História das Ciências poderá permitir que o estudo das ciências seja mais atrativo, reflexivo e motivador, possibilitando o aumento do espírito crítico dos estudantes (Matthews, 1994; Esteban, 2003; Erduran & Scerri, 2002), na medida em que exige que eles se coloquem noutra tempo e noutra contexto, para entenderem os factos históricos por referência à realidade desse tempo, e não à luz da situação atual.

Um outro argumento tem subjacente a ideia de que a utilização da História das Ciências no ensino das ciências pode contribuir para uma aprendizagem sobre como fazer ciências. Na verdade, se os estudantes se envolverem na investigação científica, através de experiências similares às que os cientistas desenvolvem quando constroem teorias científicas, modelos ou

explicações poderão aprender sobre o modo como o conhecimento é produzido (Erduran & Scerri, 2002).

A utilização da História das ciências no ensino das ciências relaciona-se com o facto de a História das Ciências poder ajudar os estudantes a adquirirem uma imagem adequada das ciências (Leite, 2002). A propósito deste outro argumento refira-se que, para a Hodson (2008), quando os estudantes são confrontados com a forma como os conceitos científicos foram trabalhados ao longo do tempo e com os erros cometidos durante esse processo, poderão entender melhor como o conhecimento científico se vai adquirindo e desenvolvendo. Através da História das Ciências, os estudantes poderão, assim, compreender como o conhecimento científico é construído para resolver problemas que se colocam aos cientistas, através de avanços e recuos, fazendo uso de uma diversidade de métodos e motivações. O estudo de casos históricos pode revelar o trabalho árduo e tenaz dos cientistas na tentativa de encontrar suporte para os seus pontos de vista, mesmo em face de evidências contraditórias, contribuindo assim para uma desmistificação da natureza das ciências. Leite (2002) argumenta que, quando os mesmos fenómenos podem ser explicados por modelos diferentes, a História das Ciências permite capacitar os estudantes para entenderem a diferença entre modelos e realidade e como os modelos, nas ciências, têm sido alterados e modificados a fim de se adaptarem a novos dados. A História das Ciências permite, assim, que as ciências sejam apresentadas como algo dinâmico, provisório, e não assente em verdades absolutas (Matthews, 1994). De facto, através da análise da evolução das ciências é possível conhecer como as teorias vão mudando, sendo algumas aperfeiçoadas e outras substituídas (Esteban, 2003). Reis & Galvão (2008) salientam também as potencialidades da inclusão da discussão de controvérsias científicas para a aprendizagem da natureza das ciências, evidenciando as suas potencialidades em termos da contribuição da argumentação para a compreensão da natureza do conhecimento científico e limitações.

A discussão sobre os mecanismos de construção e reprodução do conhecimento poderá, assim, contribuir para uma visão mais adequada das ciências (Gagliardi, 1988). Dessa forma, os alunos poderão entender as ciências num sentido global, não isoladas das outras ciências, nem das outras áreas do saber ou da cultura do Homem, relativizando-se a fragmentação dos saberes (Hernandez & Prieto, 2000), obrigando-se a mente à “inter-relação, à universalidade e à abertura” (p. 106). Acresce, também, que a inclusão da História das Ciências no ensino das ciências, principalmente a relativa aos séculos XX e XXI, pode constituir-se como um meio para

reduzir o hiato entre duas culturas, referido por Snow: a do mundo científico e a do mundo literário ou das artes (Kauffman, 1991; Leite, 2002; Manlok-Naamam *et al.*, 2005; Wang & Cox-Petersen, 2002; Hodson, 2008), hiato esse que faz com que estes dois mundos sejam vistos como inconciliáveis e como tendo estatutos diferentes. Além disso, a análise do desenvolvimento da História das Ciências proporciona um leque variado de situações que mostram, de forma bastante elucidativa, as relações entre as ciências, a tecnologia e a sociedade (Gagliardi, 1988; Leite, 2002; Esteban, 2003) fazendo com que o conhecimento científico não seja apresentado num compartimento estanque do resto do conhecimento, da cultura e da vida das pessoas (Esteban, 2003).

Em suma, através da História das Ciências é possível envolver os alunos em situações problemáticas em que viveram alguns cientistas e, os alunos, ao analisarem como os cientistas superaram essas dificuldades, bem como as conclusões a que chegaram, compreenderão melhor as dificuldades que os cientistas enfrentaram e o modo como se vai construindo o conhecimento científico (Esteban, 2003).

Apesar das diversas potencialidades educativas atribuídas à História das Ciências, alguns autores consideram, no entanto, existirem alguns problemas associados à sua utilização na Educação em Ciências. Dois desses problemas referem-se à interpretação dos factos históricos e à simplificação da História das Ciências (Lombardi, 1997).

Whitaker (citado por Leite, 1986) alerta para o facto de a História das Ciências apresentada nas aulas ser uma história distorcida em que os factos históricos acabam por ser interpretados de forma diferente daquela em que ocorreram, na sequência de um processo de adaptação com fins didáticos. Assim, em vez de verdadeiros factos históricos o que é usado, segundo aquele autor, é uma ‘quasi – história’.

O conceito de ‘quasi – história’ refere-se a uma utilização do material histórico de tal forma a que os factos científicos façam sentido e possam ser facilmente recordados, mas sem que haja qualquer preocupação de apresentar a verdade histórica. Para o conseguir, realçam-se, assim, os consensos, em detrimento dos aspetos sociais das ciências, e apresentam-se as descobertas científicas como perfeitamente triviais ou místicas e os cientistas como simples agentes de resolução de problemas. Uma consequência da ‘quasi – história’ é que ela levaria os alunos a pensar, erradamente, que as leis e princípios científicos teriam surgido facilmente, sem trabalho, discussão e controvérsia (Sequeira & Leite, 1988). Wandersee & Roach (2000) defendem que, para compreender totalmente a obra de um cientista, não se pode ignorar o contexto e as

circunstâncias históricas em que a atividade decorreu, pelo que defendem que a simplificação de um tema, para fins de ensino, só é útil se não omitir informação importante para uma adequada construção de conhecimento sobre esse tema, por parte do aluno.

Klein (citado por Matthews, 1994) afirma mesmo que, no ensino das ciências, só é utilizada uma História das Ciências simplificada, que não toma em consideração a complexidade dos factos do passado, ou seja, aquilo que considera ser uma má história ou uma pseudohistória. Por esta razão, Klein prefere prescindir totalmente da inclusão da História das Ciências no ensino e na aprendizagem das ciências.

Lombardi (1997) procura desmistificar estas críticas e, a propósito da questão da interpretação e da simplificação dos factos históricos, salienta que o historiador tem de proceder a um processo de organização, seleção e interpretação da informação, de forma a encontrar o fio condutor dos factos do passado, havendo sempre lugar a uma construção da história. Nesse sentido, a necessidade de simplificação não constitui, segundo o mesmo autor, um problema que impeça a introdução da dimensão histórica no ensino das ciências. Pelo contrário, e segundo aquele autor, tais aspetos do conhecimento histórico poderão contribuir para o desenvolvimento nos estudantes, do pensamento crítico, designadamente à custa da interpretação de factos ou textos históricos. Nesta linha, Matthews (1994) argumenta que, em pedagogia, qualquer matéria precisa de ser simplificada, pelo que também a História das Ciências poderá ser apresentada aos alunos de uma forma mais ou menos simplificada (dependendo da idade do grupo a quem se destina), sem se tornar “uma caricatura do processo histórico” (p. 261).

Para Lombardi (1977), a forma como se interpretam os factos históricos está relacionada com a posição epistemológica do historiador, facto que pode levar a uma historiografia *whig* (termo importado da história constitucional inglesa), a qual consiste em impor ao passado os padrões do presente, o que conduz à avaliação de factos e ideias antigos à luz do conhecimento atual. Uma consequência deste tipo de historiografia seria eliminar da História das Ciências as teorias que resultavam inválidas à luz do conhecimento atual e, como realçam Pereira & Amador (2007), a de valorizar unicamente as teorias apoiadas pelas ciências contemporâneas. Isso conduziria a uma rejeição da História.

Lombardi (1997) posiciona-se do lado dos *antiwhig* que defendem que, em vez de se transmitir uma história distorcida, se transmita uma História das Ciências que permita avaliar fracassos e progressos, enquadrados no contexto e na época em que os acontecimentos

históricos sucederam. O mesmo autor salienta que os historiadores *antiwhig* são influenciados pelas ideias de Kuhn (1998), que defende que:

“Os historiadores da ciência [...] começaram a se colocar novas espécies de questões e a traçar linhas diferentes, frequentemente não-cumulativas, de desenvolvimento para as ciências. Em vez de procurar as contribuições permanentes de uma ciência mais antiga para nossa perspectiva privilegiada, eles procuram apresentar a integridade histórica daquela ciência, a partir da sua própria época.” (Kuhn, 1998, p. 22).

Assim, os historiadores *antiwhig* consideram que a evolução histórica das ciências ocorre através de uma sucessão de paradigmas incomensuráveis, pelo que se abstêm de comparar entre si diferentes factos ou ideias de diferentes épocas históricas.

Para além de autores que têm discutido, teoricamente, os problemas da utilização da História das Ciências na Educação em Ciências, outros autores detetaram incorreções históricas ou exageros que jogam contra o seu uso didático. Brush (2000), ao analisar alguns manuais americanos, dos anos 90, verificou que continham incorreções históricas, chegando, inclusive, a sugerir que os autores de manuais deveriam fazer uma pesquisa histórica antes de relatarem os acontecimentos da História das Ciências. Por seu lado, Duschl (2004) alertou para o exagero no uso de conteúdos históricos, argumentando que poderá fazer diminuir a aprendizagem dos conceitos científicos e ignorar aspetos fundamentais das ciências. Para este autor, a História das Ciências deverá ser entendida como o contexto no qual os estudantes podem aprender os conceitos científicos (para saber ciências), e não como mais um conteúdo a aprender (para saber história).

A análise de manuais escolares, incluindo portugueses, mostra que, frequentemente, o conteúdo histórico incluído nestes recursos didáticos é reduzido a biografias. Apesar de se poder aprender aspetos importantes a partir de biografias, poder-se-á correr o risco de os alunos identificarem a História das Ciências com nomes e datas e esquecerem todo o resto (Sequeira & Leite, 1988; Leite, 2002), ou seja, a análise dos factos nos contextos social, geográfico, histórico, etc., em que ocorreram (Esteban, 2003). Este problema poderá estar associado a outro que tem a ver com a falta de conhecimento que o autor do manual pode ter sobre História das Ciências bem como sobre materiais históricos passíveis de serem usados para fins didáticos (Leite, 2002). Brush (2000) alerta para o interesse de a História das Ciências ser estudada a partir de fontes originais que permitem vivenciar o sentido da descoberta. Contudo, a complexidade não só ao nível da língua, mas também da terminologia técnica e do detalhe da descrição poderão ser entraves ao uso dessas fontes.

Perante os problemas expostos parece emergir a ideia de que para que a História das

Ciências seja adequadamente integrada no processo de ensino e aprendizagem, será necessária, por parte dos professores, uma preparação adequada, não só relativamente aos conhecimentos científicos que têm de lecionar, mas também relativamente à História das Ciências (Domingues & Duarte, 2008) e às formas de a integrar no contexto educativo.

Além disso, Leite (2002) salienta que uma apropriada abordagem histórica de um tema científico requer, da parte do professor, uma habilidade para contrabalançar a história interna com a história externa. A primeira versa sobre as ideias, teorias ou experiências das ciências e, a segunda, sobre as condicionantes ou circunstâncias (tecnológicas, económicas, políticas, religiosas) que rodeiam a atividade científica (Sánchez Ron, 1988). Só assim será possível ajudar os alunos, por um lado, a aprender sobre a génese e evolução dos conceitos científicos e, por outro lado, a tomar consciência clara de que “estes pertencem ao mundo da história e da cultura.” (Hernandez & Prieto, 2000, p. 106).

Em síntese, a utilização da História das Ciências no ensino das ciências, de acordo com os trabalhos revistos, pode permitir, ao aluno, obter uma visão mais humanista das ciências, possibilitando o desenvolvimento de atitudes positivas face às ciências e fomentando o desenvolvimento cognitivo dos alunos. Mas, a História das Ciências fomenta, ainda, de acordo com os mesmos trabalhos, a aprendizagem das ciências e permite aprender quer a fazer ciências quer sobre a natureza das ciências.

No entanto, apesar das diversas potencialidades educativas atribuídas à História das Ciências, de acordo com os trabalhos revistos, poderão existir alguns problemas associados à sua utilização na Educação em Ciências. Assim, destacam-se a questão da interpretação dos factos históricos e da simplificação da História das Ciências associada à necessidade da sua adaptação para fins didáticos, a redução do conteúdo histórico a biografias e a não valorização do seu enquadramento no contexto e na época ou, ainda, a fraca preparação nessa área dos professores e/ou dos autores de manuais escolares.

No entanto, os benefícios da inclusão da História das Ciências no ensino das ciências parecem superar os eventuais problemas associados à sua utilização. Caberá aos responsáveis pela Educação em Ciências contribuir para que estes problemas possam ser minimizados e os alunos possam beneficiar da inclusão de abordagens históricas no processo de ensino e aprendizagem das ciências.

2.4 Propostas de exploração da História das Ciências e da história do Átomo na Educação em Ciências

Vários autores têm proposto diferentes metodologias no sentido de incorporar a História das Ciências no ensino das ciências e, alguns, mais concretamente, a História do Átomo no ensino das ciências. Seguidamente apresentam-se algumas dessas propostas, começando com as relacionadas com a História das Ciências e passando, depois, para as relacionadas com a História do Átomo.

Hernandez & Prieto (2000), tendo por base uma perspetiva interdisciplinar, compreensiva e humanística das ciências, propõem um conjunto de desenhos curriculares para uma disciplina opcional de História das Ciências, para o nível secundário obrigatório do ensino espanhol. A contraposição entre as ciências e as pseudo-ciências foi a opção dos autores na orientação que seguiram na definição dos referidos desenhos curriculares. Dessa forma, partindo dos conhecimentos prévios dos alunos e conduzindo-os a um repensar dos assuntos numa nova perspetiva, os autores propõem um conjunto de blocos temáticos relativos à História das Ciências, nos quais procuram que as referências às pseudo-ciências sejam constantes. Assim, por exemplo, num dos blocos temáticos, propõe-se a exploração da origem histórica da Matemática, como linguagem, e da Física, da Química e da Biologia, como ciências, salientando, nessa mesma exploração, os acontecimentos científicos em oposição a todo um outro conjunto de fatores que intervieram na História das Ciências – religiosos, mitológicos ou mágicos.

Esteban (2003) propõe uma possível utilização no ensino das ciências de alguns tópicos da História das Ciências, de modo a mostrar aos alunos as inter-relações entre os aspetos científicos, a tecnologia e diversos condicionantes sociais, assim como contribuir para uma aprendizagem de valores e atitudes. Na tabela 1 resumem-se algumas das sugestões da autora relativas à utilização da História das Ciências no ensino. Como se pode constatar pela análise da tabela, para apoiar o desenvolvimento dos exemplos de tópicos propostos, a autora sugere diversos recursos didáticos, tais como, leituras, imagens, vídeos, experiências relacionadas com o tema em questão ou, ainda, atividades fora da aula (visitas a museus, exposições temporárias, entre outros).

Uma outra forma de incorporar a História das Ciências no ensino das ciências, a qual poderá também contribuir para a compreensão dos conteúdos científicos, é a exploração dos museus de ciência como instâncias educativas.

Tabela 1 Sugestões de utilização de tópicos da História das Ciências (adaptado de Esteban, 2003)

Tópico da História das Ciências	Utilização no ensino
Um cientista	Notas biográficas: nome completo e datas de nascimento e morte; características históricas e geográficas da sua vida: onde nasceu, onde estudou e viveu; fatores que terão influenciado na sua formação e na sua atividade científica (circunstâncias políticas, sociais, culturais e económicas); algumas anedotas (interessantes e atrativas). Notas científicas: percurso da sua obra científica; contributos mais significativos; possíveis relações com outros cientistas; repercussão da sua obra.
Evolução de uma teoria ou de um conceito	Momentos históricos pelos quais foi passando essa teoria ou esse conceito; breve tratamento de cada momento: estado das ciências e circunstâncias históricas, culturais, sociais, etc. Diferentes cientistas implicados nessa teoria ou nesse conceito. Discussão sobre o conjunto da evolução da teoria ou do conceito.
Uma descoberta	Cientistas implicados; breves dados biográficos e científicos dos mesmos. Descrição e explicação da descoberta e do respetivo momento histórico. Significado da descoberta para o progresso das ciências. Implicações teóricas dessa descoberta: relações com determinados aspetos teóricos. Possíveis aplicações práticas da descoberta.

Os museus são, atualmente, encarados como locais de preservação ativa das produções da natureza e do espírito humano e, também, de comunicação cultural, considerando os indivíduos envolvidos nos processos das ciências e da tecnologia (Alvarez, 2005). Os instrumentos científicos expostos no museu, quando explorados a partir da apresentação do processo histórico ligado aos aspetos culturais e sociais, permitem que os estudantes possam dar significado aos conteúdos científicos, entendendo as relações entre as ciências e a técnica. Por outro lado, quando os conteúdos científicos são apresentados em articulação com outras áreas, tais como, a Astronomia, a Geografia, a História, ou com aspetos culturais e com diferentes técnicas, permitem que os estudantes interpretem os factos, facilitando a motivação para a compreensão das temáticas científicas (Alvarez, 2005).

Wandersee & Roach (2000), adotando uma perspetiva construtivista do ensino, segundo a qual “a aprendizagem significativa é ajudada pelo uso de pontes cognitivas, que permitem aos alunos incluir novas experiências nas suas estruturas cognitivas de um modo significativo e não arbitrário” (p.257), sugerem a utilização de vinhetas históricas interativas. Estas, construídas de forma narrativa a partir das histórias das ciências, podem funcionar como pontes cognitivas, ao fomentarem uma interação entre o que os alunos já sabem e o que precisam de saber.

Algumas destas propostas são genéricas mas podem aplicar-se a qualquer tema, tanto mais quanto mais rica for a sua história. No entanto, na literatura há algumas propostas

metodológicas específicas para o caso do Átomo.

Seguidamente apresentam-se algumas propostas de exploração da história do Átomo no ensino das ciências descritas na literatura.

O paralelo entre as ideias prévias dos alunos e as primeiras noções científicas é aproveitado por alguns autores (Scheffel, Brockmeier & Parchmann, 2009), para fornecer pistas para o desenho de materiais de ensino. Os autores propõem, nesse âmbito, abordagens históricas, com o objetivo de os estudantes poderem discutir e refletir sobre as suas próprias conceções.

De forma a ser possível transmitir alguns aspetos históricos que poderão contribuir para o entendimento de determinados conceitos, Sánchez Ron (1988) propõe a seleção de exemplos de acontecimentos da História das Ciências (casos históricos) que possam ser inseridos nos manuais. Partindo do pressuposto que “ensinar é com frequência eleger, simplificar” (Sánchez Ron, 1988, p.183), o autor apresenta uma proposta metodológica para ensino do modelo atómico de Bohr-Rutherford. Tentando unir ótica, astrofísica e microfísica, a sugestão é partir das experiências de Newton com prismas óticos, que levaram à descoberta da estrutura da luz branca, seguir para as descobertas realizadas durante o século XIX, relativas a espectros e a regularidades espectrais, nomeadamente do átomo de hidrogénio, e, prosseguir para os espectros obtidos para as estrelas que permitiram averiguar as suas composições. Após a explicação do modelo de Rutherford, poder-se-á explicar o modelo de Bohr, com base nas regularidades espectrais, descobertas por Balmer, relativas ao espectro de hidrogénio.

Dado que é conhecida a dificuldade que os alunos revelam no entendimento de representações mais elaboradas da realidade, Neto & Valente (1991) sugerem o uso de recursos disponibilizados pelos meios informáticos, tais como a utilização de *software* de simulação, para o estudo, entre outros temas, da estrutura atómica. De facto, à medida que se caminha para os modelos atómicos mais recentes, aumenta a complexidade desses modelos e a linguagem científica que lhes está associada torna-se mais abstrata e formal. Dessa forma, “a simulação, por permitir o acesso a um mundo intermédio entre o mundo abstrato das representações e o mundo concreto da realidade, possibilita uma melhor visualização das várias representações dessa mesma realidade.” (Neto & Valente, 1991, p. 66).

Cardoso (2002a) alerta os professores para terem em atenção alguns aspetos, quando lecionam a evolução dos modelos atómicos. De facto, os resultados encontrados na literatura e na investigação realizada por Cardoso (2002a) sugerem que o modelo mental de átomo perfilhado pela maioria dos alunos é o modelo de Bohr. A autora sugere que tal poderá ser

devido a que, apesar de os manuais escolares apresentarem o modelo da nuvem eletrónica como sendo o modelo atómico mais atual, fazem uma abordagem quantitativa dos assuntos, com base no modelo de Bohr, como sejam, por exemplo, a distribuição eletrónica por níveis de energia, a energia dos eletrões no átomo e as transições eletrónicas entre diferentes níveis de energia. Assim, a autora propõe que os alunos possam tomar contacto com experiências e resultados experimentais clássicos, de forma a se aperceberem das limitações do modelo de Bohr e, também, que lhes seja lembrado, ao longo dos diferentes anos de escolaridade, que o modelo da nuvem eletrónica é o mais atual, embora a análise quantitativa seja feita com base em aspetos relacionados com o modelo de Bohr.

Lühl (1992), numa perspetiva de contextualização do conhecimento científico, descreve um método de ensino da história da teoria atómica através do método histórico – genético. Este método consiste numa forma de mostrar aos alunos algumas das complexas interações associadas aos factos apresentados nos cursos de ciências, podendo ser usado para ilustrar os efeitos das influências sociais e filosóficas, por exemplo, de uma dada teoria, ao longo do tempo. Os estudantes podem, nesse contexto, familiarizar-se com diferentes abordagens da investigação científica e compreender que as mesmas são fortemente influenciadas pela sociedade. No caso da evolução da teoria atómica, os estudantes podem desenvolver a sua compreensão dos modelos físicos, aprendendo a pensar em termos de modelos, interpretando as ideias de importantes cientistas, promovendo-se, dessa forma, o respeito pelas ideias dos outros. O autor sugere que seja proposto aos estudantes que elaborem as suas próprias conclusões sobre a influência dos fatores sociais na história da teoria atómica, a partir de um conjunto de textos que lhes são disponibilizados.

O estudo da forma como os antigos filósofos gregos chegaram ao conceito de átomo é sugerido por alguns autores (ex: Sakkopoulos & Vitoratos, 1996; Chalmers, 1998). O interesse desse estudo advém, para Sakkopoulos & Vitoratos (1996), por um lado, por permitir mostrar como as teorias, em ciências, resultam de um longo esforço, de uma luta na qual algumas ideias emergem, mudam, são rejeitadas por uns tempos, voltando a reaparecer mais tarde para fazer parte de uma nova teoria. Por outro lado, por permitir mostrar que o infindável esforço para a compreensão da Natureza, leva a que o pensamento humano procure as ideias antigas e as reajuste, de forma a satisfazer os novos dados que se vão obtendo.

Segundo Chalmers (1998), a construção do atomismo baseia-se na especulação filosófica, logo, por essa razão, a sua exploração e análise pode revelar-se um meio instrutivo para

distinguir os aspetos das ciências dos da filosofia.

Chalmers (1998) considera que o estudo da teoria atómica do passado, designadamente as versões do atomismo anteriores a Dalton, pode servir para evidenciar algumas características das ciências contemporâneas. De acordo com o autor, as versões do atomismo anteriores a Dalton eram mais filosóficas do que científicas, pelo que a análise destas diferenças poderá enriquecer o conhecimento sobre as ciências. De facto, segundo o autor, o modelo atómico atual é muito diferente do de Demócrito ou de Boyle, tendo vindo a complexificar-se, graças à descoberta de novas partículas fundamentais. As propriedades das partículas, atualmente, são suportadas por razões interiores às próprias ciências e não podem derivar de qualquer filosofia.

As novas abordagens dos historiadores das ciências salientam a utilização de casos de estudo. Viana & Porto (2009) sugerem uma reflexão a partir da utilização de casos de estudo na História da Química, no contexto do ensino da Química. Segundo Viana & Porto (2009), de acordo com a nova historiografia das ciências, a análise aprofundada de casos de estudo, tendo por objetivos a caracterização de episódios específicos da História das Ciências, a contextualização das ideias do passado, e o considerarem-se as influências que não pertencem ao domínio estrito das ciências (tais como, as influências psicológicas e sociais) permite fazer uma mais detalhada descrição da complexidade do empreendimento científico, ao longo dos tempos. Tomando como exemplo de um caso de estudo, o desenvolvimento da teoria atómica de Dalton, os professores poderão apresentá-lo e discuti-lo com os seus alunos, preparar materiais didáticos e selecionar a melhor estratégia para trabalhar com os alunos – discussão em grupo, ensaios escritos, mapas de conceitos, etc., e focar os aspetos que consideram mais relevantes.

O ensino construtivista, tendo como objetivo a mudança conceptual do aluno, implica a identificação dos problemas particulares que podem surgir na lecionação de um tema específico. Assim, para o ensino da teoria corpuscular da matéria, Nussbaum (2000) faz várias recomendações que se sintetizam na tabela 2. Neste trabalho, o autor salienta a contribuição de aspetos relevantes da História e da Filosofia das ciências como um elemento importante na preparação necessária para o ensino construtivista da teoria corpuscular da matéria. Tal preparação é feita através da seleção de estratégias de ensino apropriadas e da sequência de conceitos principais, culminando na planificação das atividades específicas de aprendizagem.

Tabela 2 Recomendações para o ensino da teoria corpuscular da matéria (adaptado de Nussbaum, 2000)

Recomendações para o ensino da teoria corpuscular da matéria
Aprender através do debate de ideias principais – ao longo da História a mudança conceptual só ocorreu como resultado de debates; na aula, o debate permite aos alunos esclarecerem as suas pré-concepções, enquanto se apercebem de quanto diferem das opiniões dos outros.
Iniciar o estudo com uma discussão sobre o conceito de vácuo - a existência do vácuo implica a natureza descontínua e corpuscular da matéria.
Iniciar o estudo do modelo corpuscular investigando o comportamento do ar e de outros gases – do ponto de vista histórico, sabe-se que o estado gasoso foi o ponto de partida para se estabelecer a ideia da existência do vácuo, o que tornou aceitável a hipótese corpuscular da matéria.
Utilizar as analogias e as experiências cruciais, que se descobriu serem eficazes na História das Ciências – o estudo da História que levou ao desenvolvimento da ‘teoria das partículas’ pode indicar analogias que, tendo sido eficazes no passado, possam promover debates na aula.
Um estudo do modelo de partículas é um processo demorado de mudança conceptual – os materiais curriculares devem ser concebidos aceitando-se o facto de que a mudança conceptual exige longos períodos de tempo e que não ocorre simultaneamente em todos os estudantes.
As concepções erradas podem ter um papel positivo – a investigação histórica mostrou que os cientistas também, por vezes, possuíam concepções erradas e que essas concepções podem ser vistas como passos essenciais da evolução de ideias inovadoras; na aula, as concepções erradas dos alunos são uma fonte de matérias-primas para a interação conceptual a partir da qual uma concepção desejável irá ser construída.

Os exemplos referidos sugerem que a História das Ciências e, mais particularmente, a história do Átomo poderão constituir-se como um recurso didático que poderá ser usado de diferentes formas. Com uma correta e diversificada utilização deste recurso na educação em ciências, os alunos poderão adquirir literacia científica nas suas amplas dimensões. De facto, “a diferença entre ser educado em ciências e simplesmente ser formado em ciências é possuir o conhecimento da dimensão cultural e histórica da própria disciplina.” (Alvarez, 2005, p. 57).

2.5 A História das Ciências em manuais escolares

Uma parte da investigação que tem sido realizada sobre a utilização da História das Ciências no ensino das ciências centra-se no modo como a História das Ciências é incluída nos manuais escolares. Neste sub-capítulo iremos rever investigações que incluem estudos com duas abrangências diferentes: todo o manual e um dos tópicos abordados no manual.

Solbes & Traver (1996) realizaram uma investigação com o objetivo de identificar o papel que era atribuído à História das Ciências em treze manuais escolares espanhóis de Física e Química, relativos aos 2º e 3º níveis de BUP (aproximadamente o correspondente ao 3º ciclo do ensino básico português) e de COU (aproximadamente o correspondente ao ensino secundário português), entre os de maior difusão. Para o efeito, os autores aplicaram uma grelha de análise aos manuais, a qual continha questões que foram formuladas de forma a antecipar possíveis

usos incorretos da História das Ciências. A análise dos resultados evidenciou que a maioria dos aspetos históricos não era abordada nos manuais e, quando surgiam, eram tratados de forma superficial, sem lhes ser atribuído um papel com alguma relevância. Assim, os autores verificaram os seguintes aspetos: nos manuais há, maioritariamente, referências a aspetos históricos relacionados com dados biográficos; o conteúdo histórico incide sobre temas habitualmente tratados numa perspetiva histórica, tais como os 'modelos atómicos'; é pouco usual a presença de materiais históricos originais; a abordagem do conteúdo histórico é abundantemente do tipo indutivista ou empirista; e há poucas atividades que exijam o uso da História das Ciências, dirigidas aos alunos, mas, nas edições mais recentes, dos manuais analisados, surgem algumas atividades de carácter complementar, normalmente inseridas no final de um capítulo.

Ternes, Scheid & Güllich (2009) realizaram um estudo em que identificaram e categorizaram a História das Ciências encontrada em 15 manuais escolares brasileiros, utilizados nas aulas de ciências de 5^a a 8^a séries, das escolas públicas de Giurá-RS. Todos esses manuais eram integrantes do Programa Nacional do Livro Didático (PNLD), em vigor nos anos de 2008 e 2009, e foram analisados a partir de categorias adaptadas de Leite (2002). As principais conclusões do estudo apontam para o conteúdo histórico, apesar de estar presente em todos os manuais escolares analisados, incidir, sobretudo, em aspetos biográficos dos cientistas e na apresentação destes como sendo génios, todos do género masculino, sem serem fornecidos dados sobre a sua vida pessoal e as suas necessidades como seres humanos. Também se verificou, no mesmo estudo, uma ausência de contextualização dos dados históricos no meio social, político, religioso ou cultural.

Vidal (2009) realizou um estudo em que investigou a presença de conteúdo histórico em seis manuais escolares brasileiros, de Química, aprovados pelo Programa Nacional do Livro Didático para o Ensino Médio de 2007 (PNLEM), utilizando também uma grelha de análise adaptada de Leite (2002). O autor considerou que o conteúdo histórico apresentado nos manuais escolares analisados era superficial e que pouco contribuía para a compreensão da complexidade do processo de construção das ideias. Para esse juízo contribuíram algumas constatações, relativamente ao conteúdo histórico encontrado: o predomínio de simples menções a ideias ou descobertas nas ciências, ao invés de descrições mais detalhadas e com a apresentação de divergências de pontos de vista ou de metodologias que tenham sido disputadas; o enfatizar os esforços individuais de cientistas em detrimento de um trabalho

coletivo; a apresentação da informação histórica num contexto meramente científico, menorizando todas as outras influências – sociais ou tecnológicas; e a inserção de poucos textos ou documentos originais.

Os resultados destes estudos, bastante concordantes entre si, não diferem muito dos obtidos com manuais portugueses que têm também sido objeto de investigação relativamente à História das Ciências, pelo menos, nas últimas três décadas.

Leite (1986) realizou um estudo em que comparou manuais escolares portugueses com manuais ingleses de Física e de Química, em vigor no ano letivo de 1985/1986. Para esse efeito selecionou, para cada ano de escolaridade (do 8º ao 12º anos), e de entre os manuais escolares mais utilizados para o ano letivo referido, uma amostra de três manuais escolares de Física e três de Química, em Inglaterra e em Portugal. Comparando os manuais portugueses e ingleses, em termos de conteúdo histórico, a autora concluiu que muitos dos livros portugueses eram semelhantes aos ingleses. No entanto, os manuais ingleses incluíam mais citações originais e leituras mais extensas do que os manuais portugueses. Segundo aquela autora, tal poderá ser devido a uma previsível maior dificuldade, da parte dos alunos portugueses, na leitura de textos históricos numa língua diferente do português. Acresce ainda que nos manuais ingleses, no que respeita aos materiais usados para apresentar a informação histórica, se encontraram referências a materiais audiovisuais, o que não se verificou nos manuais portugueses, provavelmente devido à escassez deste tipo de recursos, naquela época, em Portugal. Também se constatou uma acentuada diferença entre os manuais dos dois países no que se referia à evolução das ideias científicas: os manuais portugueses, apresentavam uma maior tendência para se centrarem na evolução histórica dos conceitos, o que não se verificava, de forma tão explícita, nos manuais ingleses.

Leite (2002) estudou o conteúdo histórico em diferentes manuais escolares portugueses de Física dos ensinos básico (dois manuais) e secundário (três manuais). Esta autora construiu uma grelha de análise que aplicou a essa amostra de manuais. Os resultados evidenciaram diferenças entre os próprios manuais, relativamente à inclusão da História das Ciências. No entanto, a autora constatou que se verificaram alguns aspetos comuns aos diferentes manuais, tais como: a História das Ciências incluída baseia-se, maioritariamente, na biografia de cientistas e em menções a descobertas científicas; raramente se apresenta a real evolução dos conceitos científicos ou dos instrumentos tecnológicos e, quando tal acontece, raramente são referidos os contextos nos quais esta ocorreu; a História das Ciências, tal como é apresentada, poderá

transmitir uma ideia falsa da independência das ciências do resto do mundo; as atividades apresentadas, relacionadas com a História das Ciências, quando surgem, têm um estatuto opcional; os manuais não sugerem leituras de aprofundamento de temas históricos. Dessa forma, os resultados também evidenciaram que o conteúdo histórico contido nos manuais tem pouca probabilidade de transmitir uma imagem adequada das ciências e do trabalho dos cientistas.

Cardoso (2002b) realizou uma investigação com o objetivo de comparar o papel que era atribuído à História das Ciências em quinze manuais portugueses de Química, do 9º e 11º anos de escolaridade, correspondentes a programas aprovados no âmbito das duas reformas educativas anteriores (a da década de 70 e a da década de 90), utilizando uma grelha de análise adaptada da construída por Leite (2002). Na reforma mais antiga (década de 70), quando se comparam manuais dos dois anos de escolaridade, constata-se que a imagem das ciências que é transmitida é muito semelhante nos manuais dos dois anos de escolaridade. No que concerne aos manuais relativos à reforma da década de 90, quando se comparam os manuais dos dois anos de escolaridade, constata-se que nos manuais do 11º ano surge maior quantidade de informação histórica e que a imagem das ciências veiculada pelos manuais do 11º ano, relativamente à imagem veiculada pelos materiais do 9º ano, revela-se mais próxima das perspetivas aceites pelos especialistas modernos sobre a natureza do conhecimento científico. No entanto, quando se comparam os manuais editados no âmbito das duas reformas, verifica-se que todos eles se mostram semelhantes no que respeita à inclusão da História das Ciências, na medida em que a informação histórica é apresentada essencialmente de uma forma factual, recorrendo-se frequentemente a fotografias de cientistas e apresentando-se os cientistas como génios, trabalhando individualmente. Os resultados apontam, ainda, para que alguns manuais editados na sequência da última reforma considerada no estudo em causa, designadamente a da década de 90, possam veicular uma imagem das ciências mais concordante com as modernas perspetivas da Filosofia das Ciências, aceites pelos especialistas na área, particularmente quando se salientam alguns períodos de controvérsia científica e se faz uma contextualização social e política da informação histórica.

Baptista (2006) analisou o conteúdo histórico de dezoito manuais de Ciências Naturais do 6º ano de escolaridade, publicados antes e após a Reorganização Curricular de 2001, utilizando também uma grelha adaptada da construída por Leite (2002). Esta autora concluiu que os manuais analisados, no geral, integram conteúdos históricos e que as formas de apresentar as

abordagens históricas incluem, maioritariamente, dados biográficos dos cientistas, apresentados no início ou no final dos capítulos e, em menor número de casos, a integração de episódios no corpo dos textos. Acresce ainda que os manuais portugueses, editados após 2001, no geral, contêm mais conteúdo histórico do que os anteriores.

Com o objetivo de identificar se os manuais escolares de Ciências da Natureza, do 5º ano de escolaridade português, se adequam ao desenvolvimento de competências do domínio epistemológico preconizadas no Currículo Nacional do Ensino Básico, Pereira & Amador (2007) analisaram os nove manuais disponíveis no mercado português, no ano de 2004. Para a consecução desse objetivo utilizaram uma grelha de análise adaptada da de Leite (2002). As autoras concluíram que, em termos gerais, os manuais escolares analisados incluem uma quantidade considerável de conteúdo histórico. No entanto, através de uma análise mais detalhada, as autoras verificaram que: os conteúdos históricos são apresentados de uma forma essencialmente descritiva e a informação é geralmente do tipo factual; é atribuído excessivo valor a pequenas histórias e a dados biográficos, em detrimento das observações, das experiências realizadas e/ou dos modelos e teorias propostos, assumidos em diferentes épocas; as abordagens não contemplam o conhecimento epistemológico, estando longe daquelas que são defendidas pelo Currículo Nacional do Ensino Básico e das perspetivas assumidas pelas correntes da Nova Filosofia das Ciências.

Os resultados destes estudos, centrados na análise do conteúdo histórico de manuais escolares não só são, em linhas gerais, semelhantes entre si como não diferem muito dos obtidos com manuais escolares de outros países. Além disso, e como se poderá constatar de seguida, são também, no essencial, semelhantes aos obtidos em estudos centrados em partes de manuais escolares.

Amorim (2009) analisou o conteúdo histórico apresentado no conjunto de manuais escolares de Ciências Físico-Químicas, correspondentes ao tema Viver Melhor na Terra (que ocupa todo o manual), editados no ano de 2008 e em utilização nas escolas portuguesas, a partir do ano letivo 2008/2009. A análise de dados foi efetuada utilizando-se uma grelha de análise construída por Leite (2002) e modificada por Cardoso (2002b). A autora concluiu que os manuais analisados têm em conta as recomendações do Ministério da Educação, no sentido em que introduzem, com bastante regularidade, a História das Ciências. No entanto, quando compara os resultados com os de outros estudos sobre o conteúdo histórico de manuais, constata que, tal como se verificou nesses estudos: se continua a dar maior ênfase aos dados

biográficos de cientistas, sendo estes apresentados como famosos/gênios, sobrevalorizando-se as menções a descobertas científicas e as fotografias de cientistas; é apresentada pouca bibliografia sobre História das Ciências; surgem poucas referências ao trabalho da comunidade científica, apresentando-se os cientistas de forma individual; a História das Ciências é apresentada de uma forma descontextualizada; e as atividades que envolvem a realização de experiências históricas são quase inexistentes.

Estes últimos estudos centraram-se na análise do conteúdo histórico incluído em manuais escolares. No entanto, outros estudos focaram-se na análise do conteúdo histórico em partes dos manuais escolares. Outros, ainda, centrados em partes de manuais escolares, focaram-se, não na abordagem histórica dos temas em si mesma, mas antes na contribuição que ela poderá dar para a compreensão da natureza do conhecimento científico.

Assim, Pereira & Duarte (1998) realizaram um estudo em que investigaram qual a imagem das ciências subjacente ao tema programático 'Transformações químicas e o meio à nossa volta: reações de oxidação - redução', em manuais de Química do 9º ano de escolaridade. Para esse objetivo analisaram dez manuais editados entre 1995 e 1997, tendo como base um conjunto de categorias adaptadas de Chiapetta *et al.* (1991). As autoras, a partir dos resultados obtidos, constataram que os manuais escolares analisados apresentavam uma visão dogmática das ciências, transmitindo uma imagem de ciências como sendo uma acumulação de conhecimentos, isenta de subjetividade. No que respeita ao conteúdo histórico apresentado nos manuais escolares analisados, as mesmas autoras constataram, por um lado, que em metade deles se apresentavam referências somente limitadas aos nomes de alguns cientistas a quem se devia uma descoberta ou, em alguns casos, referências um pouco mais elaboradas. Por outro lado, em alguns dos manuais escolares não havia qualquer referência à História das Ciências.

Campos (1996) realizou uma investigação em que se pretendia identificar imagens das ciências e da construção do conhecimento científico presentes, de forma implícita ou explícita, em manuais escolares de Química. O autor selecionou os quatro manuais de Química do 10º ano de escolaridade mais adotados no ano letivo de 1994/1995 nas escolas portuguesas, tendo analisado o capítulo relativo à unidade temática Reações de Ácido – Base. A análise centrou-se em: Metodologia das Ciências, Relações Ciência/Tecnologia/Sociedade e História das Ciências. Para cada dimensão foram definidas categorias de análise. Para a dimensão História das Ciências, o autor considerou duas categorias: uma, relativa à maneira como é utilizada, pelos manuais, a História das Ciências e outra, relativa ao papel dos cientistas e da comunidade

científica. A análise dos manuais selecionados permitiu verificar que, apesar de estes incluírem a História das Ciências, na unidade temática Reações de Ácido – Base, ela é apresentada de forma factual, maioritariamente à parte do texto principal, não havendo referência a qualquer período de controvérsia científica, nem tão pouco se mencionando o papel da comunidade científica na construção e validação das teorias.

Niaz & Rodriguez (2002) realizaram um estudo que consistiu na comparação entre manuais escolares de Química, de diferentes épocas, publicados nos Estados Unidos. Assim, os autores analisaram vinte e três manuais escolares, publicados entre 1970 e 1992, e trinta manuais escolares, publicados entre 1929 e 1967, no que respeita à forma como apresentam a estrutura atómica, do ponto de vista histórico. Para o efeito, usaram um conjunto de critérios baseados no contributo dos trabalhos de Thomson, Rutherford e Bohr para o conhecimento da estrutura atómica, assim como nas controvérsias que acompanharam os referidos trabalhos. Os resultados obtidos mostraram que os manuais escolares analisados, quer os mais recentes quer os mais antigos, apresentam as descobertas científicas com ênfase nas experiências em si mesmo, dando pouco ênfase aos fundamentos lógicos sobre os quais as experiências foram conduzidas, não evidenciando a forma como os cientistas as conceberam ou as razões por que as realizaram, nem como as mesmas conduziram a outros modelos ou teorias, ou mesmo a duras controvérsias.

Os mesmos autores (Niaz & Rodriguez, 2005) realizaram um estudo, com vinte e oito manuais de Física e Química, editados, maioritariamente, nos Estados Unidos, e, também, em Inglaterra e em Espanha. A análise incidiu sobre manuais de diferentes épocas (de 1958 até 2000) e teve como objetivo investigar se os manuais referiam a controvérsia que acompanhou a experiência realizada por Milikan, no século XX, para determinação da carga elétrica elementar, pelo método da gota de óleo. De notar que a referida experiência, segundo os autores, além de ser de difícil execução, foi precedida de uma larga controvérsia entre dois cientistas, Milikan e Ehrenhaft, a qual durou cerca de quinze anos. A análise efetuada com base em seis categorias permitiu verificar que a natureza controversa da experiência não era referida nos manuais nem tão pouco era mencionada a dificuldade da sua realização.

Um estudo realizado por Clericuzio (2006), centrado no século XVII, época em que a Química, não só se distancia da alquimia mas também passa a ser uma disciplina independente, investigou os fins e âmbito da Química veiculados pelos respetivos manuais publicados em França, nesse século, bem como as relações da Química com outras disciplinas,

particularmente a Medicina e a Filosofia Natural. O autor constatou que os manuais evidenciam a alteração do próprio estatuto da Química, em França, tornando-se uma disciplina independente de outras disciplinas, designadamente da medicina.

Lourenço (2008) investigou a introdução das mais importantes etapas históricas do conhecimento do Eletromagnetismo em diferentes níveis de ensino. Nesse âmbito, a autora analisou manuais escolares portugueses de Física do ensino básico e do ensino secundário no que concerne ao estudo do conceito de campo eletromagnético. Assim, analisou nove manuais escolares de 7º ano (editados em 2008), sete manuais escolares de 9º ano (editados em 2008) e seis manuais escolares de 11º ano (editados em 2008). A autora constatou que, no caso dos manuais de ensino básico analisados, o conteúdo histórico é raramente referido. Por exemplo, só um dos manuais de 7º ano refere o cientista Gilbert e a sua contribuição para a história do magnetismo e só alguns manuais de 9º ano mencionam cientistas como Ampère e Faraday, apresentando, nestes casos, pequenas biografias. No que respeita aos manuais de 11º ano analisados, a autora conclui que todos mencionam a História das Ciências, com maior ou menor desenvolvimento, sendo Faraday o nome mais referenciado.

Em suma, os resultados apresentados sugerem que a História das Ciências não é muito valorizada pelos manuais escolares. No entanto, atendendo à importância do manual escolar nos processos de ensino e aprendizagem e aos benefícios da inclusão de uma dimensão histórica nesses processos, ressalta, desde logo, a ideia da importância de essa situação se inverter de modo a que a História das Ciências contribua para que os alunos aprendam ciências, mais e mais significativamente, e aprendam sobre a natureza das ciências. De facto, “se o manual escolar constitui um mediador importante na construção do conhecimento científico dos alunos, ele deverá facilitar uma interpretação crítica do conhecimento e não uma simples repetição.” (Pereira & Duarte, 1998, p.374).

2.6 Professores, autores de manuais escolares e História das Ciências

Apesar de os manuais escolares desempenharem um importante papel na forma como as ciências são ensinadas, essa influência é mediada pelo professor que poderá inovar e adaptar as abordagens sugeridas nos manuais, incluindo no que respeita à dimensão histórica das ciências (Leite, 1986).

Neste ponto começaremos por fazer uma revisão de alguns estudos sobre a forma como os professores dizem incluir a História das Ciências no processo de ensino e aprendizagem para

depois nos centrarmos em estudos que tentam compreender o modo como os autores a integram nos manuais que elaboram.

Martins (2002) elaboraram um diagnóstico sobre a situação do ensino da Física e da Química em Portugal, em 2002, tendo, nesse sentido, aplicado um questionário a uma amostra de 1422 professores de Ciências Físico-Químicas do Quadro de Nomeação Definitiva. Dos professores respondentes, apenas um terço tinha habilitação profissional obtida em Licenciaturas via ensino. O questionário incidiu em vários aspetos relacionados com o ensino da Física e da Química, entre os quais se incluía a História das Ciências. Segundo o Livro Branco da Física e da Química (Martins, 2002) verificou-se que as dimensões dos programas relacionadas com a História das Ciências não eram praticamente abordadas em nenhum dos níveis de ensino e que entre as principais áreas de formação deficitárias, quer na formação inicial, quer na contínua, surge a 'História das Ideias em Física e Química'. Acresce ainda que as finalidades dos programas que se centram na sensibilização dos alunos para a natureza dinâmica das ciências por intermédio da reflexão sobre a História da Física e da Química foram das menos valorizadas pelos professores que participaram no estudo e que o recurso a episódios da história da Física e da Química era uma situação que praticamente não integrava as aulas de Física e de Química.

Com o objetivo de averiguar a importância atribuída à História das Ciências, por professores de Ciências Físico-Químicas, no ensino do tema 'Viver Melhor na Terra', (do currículo português do Ensino Básico, respeitante às Ciências Físicas e Naturais), e na escolha dos manuais escolares que integram o mesmo tema, Amorim (2009) realizou uma investigação que incluiu entrevistas a professores. Nesse contexto, a autora entrevistou oito professores de Ciências Físico-Químicas, utilizando um protocolo de entrevista construído para o efeito. As principais conclusões que resultaram do estudo realizado foram as seguintes: de um modo geral os professores entrevistados atribuem muita importância ao conteúdo histórico no ensino do tema 'Viver Melhor na Terra' ou, ainda, no ensino das ciências; no entanto, alguns dos professores entrevistados não conhecem adequadamente o manual adotado em relação à História das Ciências; os professores reconheceram não possuir formação em História das Ciências que lhes confira a possibilidade de incorporar, totalmente e sem receios, o conteúdo histórico e lhes permita avaliar corretamente o conteúdo histórico incluído no manual escolar adotado.

Correia (2003), com o objetivo de investigar qual a perceção que os professores de Ciências Físico-Químicas têm da sua formação em História das Ciências e das relações entre essa mesma formação e a utilização da HC no ensino da Química, aplicou um questionário a 104

professores portugueses de Ciências Físico-Químicas. A autora constatou que os professores: dizem possuir alguma formação em História das Ciências, predominantemente adquirida na respetiva formação inicial; consideram a respetiva formação em História das Ciências insuficiente para a sua transposição para a prática pedagógica; valorizam a utilização da História das Ciências no ensino da Química, embora assumam que não o fazem frequentemente; dizem usar o manual escolar como a principal fonte de informação histórica; afirmam raramente avaliar os alunos em conteúdos relativos à História das Ciências.

Com o objetivo de comparar a forma como a História das Ciências é usada por professores de Física, de Portugal e de Inglaterra, Leite (1986) aplicou um questionário, construído para esse fim, a professores de ambos os países. A amostra de professores ingleses consistiu em sessenta e seis professores a trabalhar em vinte e uma escolas diferentes e a amostra de professores portugueses em cinquenta e cinco professores a trabalhar em vinte escolas diferentes. A principal conclusão desse estudo foi que a situação em Portugal e em Inglaterra, no que respeita ao uso da História das Ciências pelos professores, era muito semelhante, verificando-se apenas pequenas diferenças em alguns aspetos específicos. Assim, em ambos os países, verificou-se que: a percentagem de professores que diz usar a História das Ciências no ensino é bastante alta; os professores disseram gostar e achar útil usar a História das Ciências nas suas aulas, sentindo-se somente constrangidos com o pouco tempo disponível para o fazer, dado o programa que têm para cumprir; a fonte maioritariamente usada pelos professores é o manual escolar; contudo não parece existir uma relação entre o conteúdo histórico apresentado nos manuais escolares e a quantidade de conteúdo histórico introduzido pelos professores; a principal razão apresentada pelos professores para introduzir a dimensão histórica no ensino é o facto de permitir mostrar as ciências como uma atividade humana; é reduzida a percentagem de professores que frequentaram cursos sobre História das Ciências. No que respeita a diferenças entre os dois países, aquela autora constatou o seguinte: em Portugal, os professores disseram usar mais o conteúdo histórico nos tópicos em que era sugerido nos currículos e utilizar mais vezes técnicas relacionadas com a escrita sobre a História das Ciências; os professores ingleses pareciam bastante mais confiantes para utilizar a dimensão histórica no ensino; mas os professores portugueses mostraram-se bastante interessados em aprofundar os seus conhecimentos nessa área.

Wang & Cox - Petersen (2002) realizaram um estudo com professores de três níveis de ensino distintos, em escolas americanas, com o objetivo de avaliar as perceções de professores

relativas ao papel atribuído à História das Ciências e indagar quais as práticas usadas para integrar a História das Ciências no currículo. Os autores aplicaram um questionário a 96 professores, tendo concluído que os professores consideram que a História das Ciências é importante mas que dispõem de poucos materiais e de formação inapropriada para a incluir no currículo. No entanto, os autores constataram que os objetivos com que os professores utilizam a História das Ciências variam com o grau de ensino que lecionam: os professores de um nível de ensino mais alto consideram que a História das Ciências auxilia os estudantes na compreensão dos conteúdos científicos, os professores de níveis mais baixos consideram que a História das Ciências ajuda os alunos a desenvolverem uma apreciação das ciências e a entender o lado humano das mesmas. Segundo os autores, esta diferença poderá significar que os professores de níveis mais avançados dão maior ênfase ao ensino dos conteúdos científicos do que os de níveis mais baixos.

Em termos gerais, estes estudos sugerem que os professores reconhecem utilidade pedagógica à História das Ciências, não têm muita formação nem dispõem de materiais didáticos adequados, o que reforça a importância de o manual escolar lidar adequadamente com a História das Ciências, facto que pode depender, pelo menos em parte, dos seus manuais.

Como referimos acima, alguns estudos debruçaram-se sobre os autores de manuais escolares, a fim de compreenderem as razões que os levam a incluir a História das Ciências nos seus manuais e a fazê-lo de determinada forma. Baptista (2006) realizou uma investigação com cinco autores de manuais escolares portugueses de Ciências da Natureza a fim de indagar, por um lado, a importância que os autores atribuem à utilização da História das Ciências no ensino das ciências e, por outro lado, a influência que a Reorganização Curricular de 2001 teve no conteúdo histórico que incluíram nos respetivos manuais escolares. Para alcançar esse objetivo, realizou quatro entrevistas, três individuais e uma a um grupo de dois autores, tendo utilizado um protocolo de entrevista cuja estrutura foi inspirada num usado por Figueiroa (2001). A autora constatou que a totalidade dos autores reconhece e atribui importância à História das Ciências, considerando-a, no entanto, complementar e opcional no ensino das ciências. A inclusão de referências históricas, o seu número, extensão e profundidade, revelou-se uma opção dos autores, estando esta relacionada com a sua própria sensibilidade para com a História das Ciências, com a necessidade de influenciar a adoção do manual e com o que imaginam facilitar a tarefa de aprender ciências.

Face aos resultados decorrentes da análise do conteúdo histórico incluído em manuais

escolares (ou em parte deles) e à formação e às práticas que os professores dizem ter, parece que os autores dos manuais deveriam estar mais atentos à investigação em História das Ciências e que os professores precisariam ter uma formação que lhes permitisse analisar criticamente o conteúdo histórico dos manuais escolares e encontrar formas de colmatar as suas falhas, de modo a contribuir para uma equilibrada educação em ciências dos seus alunos.

CAPÍTULO III

METODOLOGIA

3.1 Introdução

Neste capítulo descreve-se a metodologia adotada nesta investigação para dar resposta à questão de investigação formulada no capítulo I.

Assim, em 3.2, começa-se por descrever sucintamente a investigação. Em 3.3, apresenta-se o primeiro estudo realizado: estudo sobre a história do Átomo nos manuais escolares do Ensino Básico e do Ensino Secundário. Finalmente, em 3.4, apresenta-se o segundo estudo realizado: estudo sobre as opiniões de autores de manuais escolares do Ensino Básico e do Ensino Secundário sobre a abordagem da história do Átomo em manuais escolares.

Cada um dos dois últimos subcapítulos (3.3 e 3.4) inclui a caracterização da população e da amostra, a descrição e justificação das técnicas e instrumentos de recolha de dados e a explicitação da forma como foram realizados a recolha e o tratamento dos dados.

3.2 Descrição da investigação

Esta investigação visava dar resposta à seguinte questão: por que é que os manuais escolares de 9º ano e do 10º ano (disponíveis no mercado português no ano letivo de 2009/2010) recorrem à informação histórica para abordar o Átomo, de determinado modo? Dar resposta a esta questão requer, tal como referimos no capítulo I, responder a três outras questões, mais específicas, duas centradas nos manuais escolares e uma terceira centrada nos respetivos autores. Para isso, optou-se pela realização de dois estudos complementares.

Um primeiro estudo consistiu na comparação do modo como a História das Ciências é usada em manuais escolares do Ensino Básico e do Ensino Secundário selecionados para esta investigação, de forma a poder responder às seguintes questões: Que relação existe entre a abordagem histórica do Átomo que é feita pelos manuais escolares de 9º ano e de 10º ano?; Qual a qualidade científica do conteúdo histórico incluído nos diversos manuais aquando da abordagem do Átomo?

Para a realização deste estudo, utilizou-se o conjunto de todos os manuais escolares, que estavam disponíveis no mercado português no ano letivo de 2009/2010, respeitantes ao 9º ano,

de Ciências Físico-Químicas, e ao 10º ano, de Química A. Relativamente a cada manual, foi feita uma análise de conteúdo respeitante à história do Átomo, utilizando-se para o efeito uma grelha de análise adaptada de outra já existente. Essa análise teve como objetivo identificar que história do Átomo é veiculada pelos manuais escolares do Ensino Básico e do Ensino Secundário e ajuizar sobre a qualidade científica do conteúdo histórico que eles apresentam.

Um segundo estudo que visava dar resposta à terceira questão (Como explicam os autores de manuais escolares as características didáticas e científicas da abordagem histórica do Átomo incluída nos respetivos manuais?), incidiu sobre autores de manuais escolares do Ensino Básico e do Ensino Secundário, referentes ao 9º e 10º anos.

Para a realização deste estudo procedeu-se a entrevistas a quatro autores de manuais, designadamente: um por cada um de dois manuais de 9º ano; um por cada um de dois manuais de 10º ano. Foi construído um protocolo de entrevista que teve os seguintes objetivos principais: Identificar a importância atribuída pelos autores à inclusão de conteúdo histórico no ensino das ciências; Conhecer os motivos que levaram os autores a incluírem (ou não) a história do Átomo nos respetivos manuais escolares, de determinada forma; Conhecer as razões dos autores para a forma como abordam a história do Átomo nos respetivos manuais. Após a recolha de dados, procedeu-se a uma análise comparativa das respostas obtidas, incluindo conceções e opiniões de autores de manuais do mesmo ano de escolaridade, de diferentes anos de escolaridade e de manuais com diferentes características.

3.3 Estudo 1: Estudo sobre a história do Átomo incluída nos manuais escolares dos Ensinos Básico e Secundário

3.3.1 População e amostra

Segundo Tuckman (2000), a população é o grupo que se pretende estudar e a amostra é constituída pelos elementos desse grupo, selecionados para participarem no estudo.

Neste estudo, a população é constituída pelos manuais escolares de 9º ano de Ciências Físico – Químicas (oito manuais) e de 10º ano de Química A (oito manuais), que estavam disponíveis no mercado português no ano letivo de 2009/2010. Não houve lugar à seleção de uma amostra, pelas razões que se apresentam de seguida.

O Átomo é abordado no Currículo Nacional do Ensino Básico, no 9º ano de escolaridade, no Programa do 10º ano, de Química A, e no Programa do 12º ano, de Física. A investigação incidiu

sobre os manuais do 9º e do 10º ano de escolaridade. Não se analisaram os manuais de 12º ano pelas seguintes razões: trata-se de uma disciplina opcional, mesmo para estudantes de ciências, abrangendo, por essa razão, um menor número de alunos; o tempo disponível para a realização da investigação é limitado e o número de páginas a analisar nos manuais de 12º ano seria considerável, atendendo a que a temática do Átomo pode ser abordada em vários pontos do Programa da disciplina.

Por outro lado, a opção de se analisarem todos os manuais que estavam disponíveis no mercado português no ano letivo de 2009/2010, respeitantes aos anos de escolaridade em questão (9º e 10º anos) ficou a dever-se ao tipo de estudo que se pretendia realizar e ao tamanho da população. De acordo com Bardin (1977), nem todo o material de análise é suscetível de dar lugar a uma amostragem, pois num universo heterogéneo a amostragem só será rigorosa se a amostra for uma parte representativa do universo inicial. Ora, não sendo os manuais conhecidos, no que respeita ao modo como lidam com a história do Átomo que apresentam, seria muito difícil selecionar uma amostra representativa dos manuais disponíveis. Acresce que, no estudo em causa, o tempo disponível para a sua realização permitia a análise de todos os manuais escolares dos referidos anos de escolaridade (um total de 16 manuais), até porque não se iria analisar manuais completos mas apenas algumas páginas por manual, dado que o assunto que interessa para este estudo vem apresentado num número limitado de páginas. Por outro lado, trabalhando com todos os manuais e abrangendo-se toda a diversidade de abordagens históricas do Átomo, a conclusão do estudo não fica sujeita a erros de generalização.

Todos os manuais escolares analisados foram editados no mesmo ano (2008) por diferentes editoras, verificando-se que, relativamente aos manuais de 9º ano, dois deles foram editados pela mesma editora e, relativamente aos manuais de 10º ano, há duas editoras que editam um par de manuais cada uma. A lista respetiva encontra-se no Anexo 1.

A análise do conteúdo histórico dos manuais escolares do 9º ano incidiu sobre as páginas em que se descrevia a evolução dos modelos atómicos, as quais se localizaram através dos títulos dos capítulos ou sub-capítulos dos respetivos manuais. O número de páginas analisado em cada manual variou entre cinco (M9B, M9E e M9H), seis (M9A, M9C e M9F), sete (M9G) e 10 (M9D), o que deu um total de 50 páginas analisadas no conjunto dos manuais do 9º ano.

Relativamente aos manuais escolares de 10º ano, a análise do conteúdo histórico dos manuais escolares incidiu sobre as páginas relativas ao conteúdo programático 'O átomo de

hidrogénio e a estrutura atômica'. O número de páginas analisado variou entre 11 (M10J, M10N), 17 (M10L), 20 (M10I), 21 (M10Q), 23 (M10O), 24 (M10M) e 25 (M10P), o que deu um total de 152 páginas analisadas no conjunto dos manuais de 10º ano.

Para além das páginas em questão, especificamente centradas no tema em estudo, procurou-se, ainda, nas outras páginas dos manuais escolares, registos relacionados com atividades de aprendizagem sobre a história do Átomo e com bibliografia relativa à História das Ciências, pelo que, nos casos em que se verificaram ocorrências sobre estes assuntos que viriam a ser dimensões de análise, o número de páginas analisado foi maior.

De forma a se simplificar a escrita e a consulta, os manuais são identificados através de códigos. Aos manuais de 9º ano de Ciências Físico - Químicas são atribuídos os acrónimos M9A a M9H e, aos manuais de 10º ano, de Química A, são atribuídos os acrónimos M10I a M10P.

3.3.2 Técnicas e instrumentos de recolha de dados

Com o intuito de se responder às duas primeiras questões da investigação, recorreu-se à análise de conteúdo da informação histórica contida nos manuais escolares, respeitante à abordagem do Átomo.

A análise de conteúdo, segundo Bardin (1977), é um conjunto de técnicas de análise de comunicações, utilizando procedimentos sistemáticos e objetivos de descrição do conteúdo das mensagens, podendo ser sujeitos a esse tipo de análise, quer documentos naturais, produzidos espontaneamente, quer documentos suscitados pelas necessidades de estudo. Essa sistematização é facilitada pelo recurso a conjuntos de categorias, isolados, ou organizados em grelhas de análise.

A análise categorial é uma das técnicas da análise de conteúdo. Consistindo na passagem de dados brutos a dados organizados, tem como primeiro objetivo fornecer, por condensação, uma representação simplificada desses mesmos dados (Bardin, 1977).

Neste estudo, dada a natureza dos documentos em questão, e atendendo à necessidade de se incluírem diferentes dimensões na análise dos mesmos, utilizou-se uma grelha ou matriz de análise. Dessa forma, a organização dos dados permite uma representação dos mesmos num espaço visual reduzido, assim como a comparação mais objetiva entre diferentes conjuntos (Lessard, Goyette & Boutin, 1990), designadamente dados provenientes de manuais escolares diferentes ou de diferentes níveis de escolaridade.

A revisão de bibliografia permitiu constatar que existe uma grelha de análise validada para a

análise do conteúdo em História das Ciências incluída em manuais escolares portugueses de Física (Leite, 2002) (Anexo 2). Esta grelha, após algumas adaptações, foi também testada e aplicada a manuais escolares de Química, do 9º e 11º anos de escolaridade (Cardoso, 2002b), e a manuais de Ciências da Natureza, do 6º ano de escolaridade (Baptista, 2006). A grelha construída por Leite (2002) inclui um sistema de categorias que contempla oito dimensões de análise, subdivididas em algumas sub - dimensões, sendo estas, por vezes, ainda mais especificadas. As oito dimensões de análise são: Tipo e organização da informação histórica; Material usado para apresentar a informação histórica; Correção e exatidão da informação histórica; Contexto no qual a informação histórica é relatada; Estatuto do conteúdo histórico; Atividades de aprendizagem relacionadas com a História da Ciência; Consistência interna do livro; e Bibliografia em História da Ciência.

Atendendo a que algumas das dimensões de análise da grelha construída por Leite (2002) são idênticas às necessárias para a análise dos manuais em questão, decidiu-se, para este estudo, utilizar essa grelha, após lhe terem sido introduzidas algumas alterações. Assim, a terceira dimensão de análise, 'Correção e exatidão da informação histórica', foi substituída por 'Conteúdo histórico sobre o Átomo', tendo sido construídas sub - dimensões, definidas *a priori* de acordo com a revisão de literatura efetuada, de forma a se proceder à análise de todos os tópicos relativos à história do Átomo incluídos nos manuais escolares. Com esta dimensão de análise pretende-se identificar o conteúdo histórico sobre o Átomo que surge nos manuais escolares e avaliar o respetivo rigor científico. A dimensão 'Estatuto do conteúdo histórico' não se considerou, atendendo a que as categorias definidas para a dimensão 'Atividades de aprendizagem relacionadas com a História das Ciências', sexta dimensão de análise, permitem identificar qual o estatuto do conteúdo histórico apresentado. A dimensão 'Consistência interna do livro', sétima dimensão de análise, também não se considerou, atendendo a que se analisou apenas um dos tópicos tratados nos manuais, nomeadamente, o Átomo, não fazendo, por isso, sentido considerar esta dimensão.

Dessa forma, a grelha usada neste estudo (Anexo 3) possui seis dimensões de análise, as quais se subdividem em algumas sub-dimensões, sendo estas, por vezes, também mais especificadas. As seis dimensões de análise são: Tipo e organização da informação histórica acerca do Átomo; Material usado para apresentar a informação histórica acerca do Átomo; Conteúdo histórico sobre o Átomo abordado nos manuais; Contexto no qual a informação histórica sobre o Átomo é enquadrada; Atividades de aprendizagem relacionadas com a história

do Átomo; e Bibliografia de História das Ciências e/ou do Átomo.

A grelha usada (Anexo 3), nomeadamente nas secções novas que lhe foram introduzidas, foi validada pela orientadora da dissertação. Não se alargou mais o painel de avaliadores, dado ter sido difícil encontrar especialistas em história do Átomo.

No Capítulo IV, aquando da apresentação e discussão dos dados respeitantes a este estudo, apresentar-se-á a descrição de cada uma das dimensões e sub-dimensões de análise, assim como alguns exemplos que as ilustram, extraídos dos manuais analisados.

3.3.3 Recolha de dados

Nos manuais selecionados (16 manuais, designadamente, oito manuais de 9º ano, de Ciências Físico – Químicas e oito manuais de 10º ano, de Química A), procedeu-se à identificação das unidades temáticas onde surge a abordagem do Átomo. Após esta identificação, procedeu-se à análise da informação histórica disponível em cada manual, com vista à sua classificação nas categorias incluídas na grelha. Foi preenchida uma grelha para cada manual, por questões de simplicidade de registo de dados, sendo esta informação posteriormente compilada em tabelas organizadas por dimensões de análise.

Para a maior parte das dimensões de análise, os dados registados nas tabelas dizem respeito ao número de ocorrências em cada sub-dimensão ou especificação. Em algumas dimensões, nomeadamente, 'Conteúdo histórico sobre o Átomo abordado nos manuais', 'Contexto no qual a informação histórica sobre o Átomo é enquadrada' e 'Bibliografia de História das Ciências e/ou do Átomo', registou-se apenas a presença ou ausência de cada uma das sub-dimensões de análise para cada um dos manuais escolares analisados. A justificação para esta diferença tem a ver com o facto de considerarmos que o manual pode apresentar, por exemplo, mais ou menos fotografias de cientistas (podemos contá-las) mas ou apresenta a informação contextualizada no contexto científico, ou no contexto social, por exemplo, não sendo viável, ou pelo menos fácil, contar o número de contextualizações.

Para garantir níveis adequados de fiabilidade de resultados, a aplicação da grelha a cada manual foi feita em dois momentos diferentes, de forma a se poder analisar se os resultados obtidos nesses dois momentos coincidiam, ou não. A análise aos manuais foi, então, feita e repetida cerca de um mês mais tarde. Comparados os dados obtidos nos dois momentos, as diferenças entre eles foram, na sua maior parte, resolvidas pela investigadora. Nos casos em que permaneciam dúvidas e, como sugerem De Ketele & Roegiers (1993), discutiram-se os

resultados das análises com outras pessoas, neste caso com a orientadora da dissertação, de modo a resolver as divergências que persistiam.

3.3.4 Tratamento de dados

A partir das tabelas síntese mencionadas no ponto anterior, foram comparados entre si, para cada dimensão de análise, os manuais do mesmo ano de escolaridade. Seguidamente, compararam-se os manuais do 9º e 10º anos entre si, também dimensão a dimensão. Os resultados alcançados foram discutidos à luz da revisão de literatura efetuada, de modo a compará-los com os obtidos por outros autores em estudos semelhantes.

3.4 Estudo 2: Estudo sobre as opiniões de autores de manuais escolares dos Ensinos Básico e Secundário sobre a abordagem da história do Átomo nos manuais escolares

3.4.1 População e amostra

Adotando o conceito de população apresentado em 3.3.1, a população deste estudo inclui todos os autores dos manuais escolares do Ensino Básico e Secundário, disponíveis no mercado português no ano letivo de 2009/2010, respeitantes a Ciências Físico-Químicas, do 9º ano de escolaridade (24 autores) e a Química A, do 10º ano de escolaridade (20 autores).

Para a concretização deste estudo, e adotando, da mesma forma, o conceito de amostra apresentado em 3.3.1, trabalhou-se com uma amostra constituída por quatro autores de manuais, sendo: dois autores, um de cada um de dois manuais de 9º ano; dois autores, um de cada um de dois manuais de 10º ano.

Inicialmente pretendia-se entrevistar seis autores, um de cada um de três manuais de 9º ano e um de cada um de três manuais de 10º ano, considerando para o efeito, e em cada um dos anos, três manuais adotados em maior número de escolas portuguesas, no ano letivo de 2009/2010, conforme dados fornecidos pela Direção Geral da Inovação e Desenvolvimento Curricular (DGIDC). Assumiu-se, embora com consciência dos riscos que se corria, que os diversos coautores de um dado manual têm perspetivas semelhantes sobre a utilização da História das Ciências no ensino das ciências, bem como sobre a sua inserção em manuais. Assumiu-se igualmente que entrevistando três autores de manuais de cada um dos níveis de ensino se obteria informação mínima suficiente para compreender como os autores de manuais

escolares lidam com a História das Ciências quando desenvolvem os conteúdos relacionados com o Átomo.

Assim, através das editoras, tentou-se contactar (por carta e e-mail) e convidar a participar no estudo um dos autores de cada um dos manuais escolares identificados no Anexo 4. Atendendo a que nem todas as editoras responderam ou se mostraram disponíveis para facilitar o contacto com os autores, não foi possível trabalhar com os autores que se pretendia. De facto, apenas se conseguiu a colaboração de dois autores de dois dos manuais mais adotados, um de 9º ano, outro de 10º ano. Para alargar um pouco mais a amostra, recorreu-se a autores acessíveis, um autor de um manual de 9º ano e um autor de um manual de 10º ano. Neste contexto, os manuais cujos autores foram entrevistados estão identificados no Anexo 5.

No sentido de tornar mais fácil a leitura, aquando da apresentação dos dados e respetiva discussão, e de relacionar os autores com os manuais selecionados, optou-se por atribuir as siglas A9X, aos autores dos manuais de Ciências Físico-Químicas, do 9º ano, também denominado de grupo A de autores, e as siglas B10X aos autores dos manuais de Química A, do 10º ano, também designado de grupo B de autores. Nestas siglas a letra X diz respeito ao manual associado ao autor (Anexo 5).

Na tabela 3 apresentam-se os dados relativos à caracterização dos autores de manuais escolares selecionados para o estudo em questão. Relativamente à situação profissional e académica dos autores verifica-se que dois (A9B e B10J) apresentam uma larga experiência no ensino básico e secundário e um outro (B10N) no ensino superior. Todos os autores têm como formação de base uma licenciatura em Química, tendo todos, posteriormente, adquirido o grau de mestre. Um dos autores adquiriu o grau de doutor (B10N). Dois dos autores encontram-se, ainda, a realizar um doutoramento (A9B e A9F). Três autores (A9F, B10J e B10N) têm experiência em formação de professores, um autor (B10J) tem experiência como autor de programas, outro autor (B10N) trabalhou na área do *software* educativo.

Todos os autores entrevistados apresentam experiência como autores de outros manuais escolares, e, um deles (A9B), apresenta, ainda, experiência na elaboração de materiais pedagógicos complementares.

No que respeita à formação em História das Ciências, todos os autores, à exceção de um (A9B), adquiriram alguma formação formal nesta área: dois autores (A9F e B10N), numa disciplina da licenciatura e em outra do mestrado; outro autor (B10J) numa disciplina opcional da licenciatura e em uma componente de uma disciplina do mestrado.

Tabela 3 Caracterização dos autores de manuais escolares entrevistados

Autor	Situação profissional	Formação académica	Experiência profissional	Experiência como autor	Formação em História das Ciências
A9B	professora do quadro de escola	- licenciatura em Química - licenciatura em Ciências Farmacêuticas - grau de Mestre no ensino em Química - doutoramento em Educação (em curso)	28 anos de ensino, nunca interrompeu funções	30 anos, elaborou outros manuais, livros auxiliares, (livros de acesso ao ensino superior, testes intermédios, guias de estudo, bancos de questões) e aplicações interativas	Não
A9F	estudante de doutoramento	- licenciatura em Química - mestrado em Educação Multimédia, - doutoramento em Ensino das Ciências (em curso)	desde 2003, com interrupções; experiência em formação de professores	5 anos, elaborou outros manuais, de 7º e de 8º e participou na elaboração de um manual de 10º ano com algumas atividades	Sim - licenciatura: "História e Filosofia das Ciências" - doutoramento: "Epistemologia e História das Ciências"
B10J	professora aposentada	- licenciatura em Química - mestrado em Ensino da Física e da Química	36 anos de ensino, um ano em licença sabática; autora de programas (Cursos tecnológicos de Química, Técnicas Laboratoriais de Química, Física e Química A); experiência em formação de professores	mais de 15 anos, elaborou outros manuais, de Técnicas Laboratoriais de Química, Ensino Profissional, Ensino técnico profissional	Sim - licenciatura: disciplina facultativa de História das Ciências - mestrado: disciplina com componente em História das Ciências
B10N	professor auxiliar na Universidade	- licenciatura em Química - mestrado em Ensino da Física e da Química - doutoramento em Química	22 anos de ensino, interrupção para trabalho em software educativo; experiência em formação de professores	15 anos, elaborou outros manuais, de Física, de Química, de Multimédia	Sim - licenciatura: "História e Filosofia das Ciências" - mestrado

3.4.2 Técnicas e instrumentos de recolha de dados

Com o objetivo de responder à terceira questão da investigação recorreu-se ao uso do inquérito por entrevista por se considerar que, de entre as várias técnicas de recolha de dados (observação direta, inquérito por questionário e por entrevista e análise de documentos), esta era a mais adequada para obter resposta à questão em causa.

O inquérito por entrevista é uma técnica de recolha de dados que consiste em conversas orais, individuais ou de grupo, com pessoas selecionadas cuidadosamente (De Ketele & Roegiers, 1993) com a finalidade de aceder ao que cada pessoa sabe, bem como aos seus valores, opiniões, atitudes e crenças (Cohen & Manion, 1994). Segundo estes últimos autores, a técnica de inquérito por entrevista tem vantagens e desvantagens. Assim, quando comparada com as outras técnicas de recolha de dados e de um modo especial quando comparada com o inquérito por questionário (que permite acesso ao mesmo tipo de dados) uma vantagem daquela

técnica é o permitir uma maior profundidade da informação recolhida relativamente ao inquérito por questionário. No entanto, uma desvantagem da sua utilização tem a ver com o facto de o entrevistador poder interferir com o entrevistado e, assim, influenciar os dados recolhidos durante a entrevista.

Na mesma linha, Tuckman (2000) considera que a entrevista difere do questionário não só na medida em que é utilizada para um menor número de pessoas, mas também porque é mais personalizada, permitindo uma maior interação, mas, conduzindo a dados com fidelidade mais reduzida que os obtidos com um questionário. Para este autor, os dados obtidos numa entrevista podem depender da forma como o entrevistador conduz a entrevista, nomeadamente, do modo como faz produzir uma resposta e como a aprofunda.

Atendendo às exigências da pergunta de investigação em causa (Como explicam os autores de manuais escolares as características didáticas e científicas da abordagem histórica do Átomo incluída nos respetivos manuais?) optou-se por uma entrevista semi – estruturada na medida em que, como referem Ghiglione & Matalon (1993), este tipo de entrevista permite que se defina antecipadamente uma série de questões fundamentais, a colocar a todos os sujeitos, podendo, no entanto, a sequência ser alterada, de acordo com as respostas dos entrevistados, ou ser colocadas questões não previstas inicialmente.

Assim, foi construído um protocolo da entrevista, o qual teve os seguintes objetivos principais:

- Caracterizar pessoal e profissionalmente os autores a entrevistar;
- Averiguar conceções e práticas de elaboração de manuais escolares;
- Identificar a importância atribuída pelos autores ao conteúdo histórico no ensino das ciências;
- Conhecer os motivos para a inclusão (ou não) de conteúdos relativos à história do Átomo, nos respetivos manuais escolares;
- Conhecer as razões dos autores para a forma como abordam a história do Átomo nos respetivos manuais, designadamente no que respeita à sua evolução histórica.

O primeiro objetivo visava apenas a recolha de dados para efeito de caracterização da amostra, dados esses já incluídos na secção anterior. Os quatro objetivos seguintes não dependem do manual escolar, mas o último (sexto) incide no modo como este lida com o conteúdo histórico, pelo que a sua consecução exige o recurso a questões diferentes para os autores dos diversos manuais.

O contacto com a bibliografia permitiu constatar que existe um protocolo de entrevista, validado e testado, destinado a autores de manuais de Ciências da Natureza do 6º ano de escolaridade (Baptista, 2006) (Anexo 6), o qual foi inspirado num protocolo de entrevista utilizado por Figueiroa (2001) para outro assunto (atividades laboratoriais) mas com finalidade semelhante (indagar por que razão os autores de manuais escolares usam atividades laboratoriais de determinada forma).

Neste estudo decidiu-se adaptar o protocolo desenvolvido por Baptista (2006), introduzindo-lhe as alterações necessárias, de modo a que permitisse obter informação que se impunha para poder responder à terceira questão de investigação.

O protocolo de entrevista construído por Baptista (2006) possui quatro partes. A primeira e a segunda parte têm como objetivo a caracterização dos autores dos manuais escolares quanto à formação académica, à experiência profissional e à experiência como autores de manuais. A terceira parte tem como objetivo a identificação da importância atribuída pelos autores ao conteúdo histórico no ensino das ciências. A quarta parte tem como objetivo o conhecimento dos motivos para a inclusão (ou não) nos manuais escolares de conteúdo histórico com determinadas características. Estas três partes foram mantidas embora com algumas adaptações. Assim, a primeira, a segunda e a terceira partes do protocolo foram reformuladas de modo a irem de encontro aos objetivos deste estudo; a quarta parte do protocolo foi adaptada em termos do tema em que incide, que no caso da presente dissertação é o Átomo. A estas quatro partes acrescentou-se uma quinta parte com o objetivo de se identificarem as explicações dos autores sobre as perspetivas didáticas e científicas que fundamentaram as suas abordagens históricas do Átomo. Uma vez que esta última parte do protocolo devia ter em consideração os dados resultantes da análise de conteúdo efetuada aos manuais elaborados pelos autores a entrevistar, com base nesses dados, formularam-se questões específicas, que originaram diferentes versões do protocolo da entrevista, que se diferenciaram na parte 5.

Antes da aplicação do protocolo da entrevista, procedeu-se à respetiva validação (validação de conteúdo) por dois especialistas em Educação em Ciências. Esta validação incidiu na análise das questões formuladas e da sua relação com os objetivos a alcançar, pois, e de acordo com Tuckman (2000), a validade de uma entrevista é limitada por alguns aspetos que devem ser tidos em consideração quando se constrói um protocolo de entrevista. Esses aspetos são: em que medida a questão pode levar os entrevistados a sentirem necessidade de transmitir uma boa impressão de si próprios ou a tentarem dar a resposta que pensam que o entrevistador quer

ouvir?; até que ponto a questão pede informação aos entrevistados que eles desconhecem?; em que medida as questões formuladas são consistentes com os objetivos do estudo?.

O protocolo de entrevista utilizado tem, então, cinco partes (Anexo 7), sendo as quatro primeiras iguais para todos os entrevistados e a quinta diferente de entrevistado para entrevistado. Na tabela 4 apresenta-se a estrutura do protocolo da entrevista utilizada para recolher dados para este estudo, explicitando-se as dimensões correspondentes a cada uma das suas partes, os objetivos a alcançar e o número das respetivas questões.

Tabela 4 Estrutura do protocolo de entrevista

Partes	Dimensões	Objetivos	Questões
1	Características pessoais e profissionais	Identificar a situação profissional dos entrevistados	Q1
		Identificar a formação académica dos entrevistados	Q2
		Caracterizar a experiência profissional dos entrevistados	Q3, Q4
		Averiguar se os entrevistados têm formação em História das Ciências (HC)	Q5
2	Conceções e prática de elaboração de manuais escolares	Identificar as funções atribuídas pelos entrevistados ao manual escolar	Q6
		Caracterizar a experiência dos entrevistados como autores de manuais	Q7, Q8
		Identificar as dificuldades sentidas pelos entrevistados na elaboração do manual	Q9
3	Importância atribuída à História das Ciências no ensino das ciências	Identificar os benefícios que, segundo os entrevistados, resultam da inclusão da HC no ensino das ciências	Q10
		Averiguar as opiniões dos entrevistados sobre as atitudes dos alunos perante os conteúdos históricos	Q11
		Indagar as opiniões dos entrevistados sobre os cuidados a ter com a utilização da HC no ensino das ciências	Q12, Q13
4	Razões para a inclusão (ou não) da história do Átomo nos manuais	Averiguar as opiniões dos entrevistados sobre as razões para a inclusão de uma abordagem histórica do Átomo	Q14
		Averiguar o conhecimento que os entrevistados têm sobre o papel atribuído pelas Orientações Curriculares e pelos Programas à história do Átomo	Q15
5	Razões para a inclusão da história do Átomo de determinada forma	Compreender as razões que levaram os autores de um dado manual escolar a usar a história do Átomo de determinada forma	Questões específicas para cada autor, de acordo com as características observadas no respetivo manual

Na parte 1 são feitas perguntas de modo a caracterizar os autores quanto à sua situação profissional, formação académica, experiência profissional e formação em História das Ciências. Na parte 2 as questões incidem na função que atribuem ao manual escolar no ensino e aprendizagem. Seguidamente, na parte 3, são feitas perguntas mais específicas relacionadas com a História das Ciências no ensino das ciências e, na parte 4, com a história do Átomo em manuais escolares. Na parte 5 são incluídas questões específicas para cada autor, de acordo com as características observadas no respetivo manual. O protocolo das entrevistas, incluindo as partes comuns e a parte diferente encontra-se no Anexo 7.

3.4.3 Recolha de dados

A recolha de dados foi realizada pela autora da dissertação, depois de concluído o primeiro estudo, através da realização de uma entrevista individual a cada um dos autores dos manuais selecionados. As entrevistas foram realizadas em hora e local sugeridas por cada uma das pessoas a entrevistar, tendo esses lugares incluído a residência de um autor, os gabinetes da Universidade em que trabalham e um local público, como um café.

De acordo com Bogdan & Biklen (1994), quando se usa a entrevista deve-se recorrer à gravação, de modo a se poder captar a informação de forma mais completa e aprofundada, sem que isso obrigue a grandes paragens para efeitos de registo de dados. Esta recomendação faz especial sentido no caso das entrevistas semi-estruturadas (como é o caso da utilizada neste estudo), que exigem uma grande concentração do entrevistador de modo a colocar questões suplementares que permitam alcançar o aprofundamento e esclarecimento desejados. Assim, neste estudo, as entrevistas foram áudio-gravadas, depois de este tipo de gravação ser autorizado por cada entrevistado.

3.4.4 Tratamento de dados

As respostas obtidas nas entrevistas, áudio-gravadas, foram posteriormente transcritas para que se pudesse identificar as principais ideias e razões apresentadas pelos autores e construir um conjunto de categorias para cada aspeto ou objetivo considerados. Para este efeito, recorreu-se à análise de conteúdo, adotando os princípios gerais referidos na secção 3.3.2. Os dados obtidos foram compilados em tabelas onde se registou a presença (ou ausência) de cada categoria de resposta para cada autor.

De seguida compararam-se, entre si, as conceções ou as opiniões dos autores de manuais do mesmo ano de escolaridade e de diferentes anos de escolaridade.

No caso da parte 5 foi feita a comparação entre as conceções e explicações de cada autor e o conteúdo histórico do respetivo manual. Dessa forma, foi possível confrontar as respostas dos entrevistados com os resultados da análise dos respetivos manuais, de forma a se averiguar se a abordagem da história do Átomo incluída nos manuais estava, ou não, em concordância com as ideias defendidas pelos autores.

Aquando da análise de dados apresentam-se alguns excertos das entrevistas de modo a fundamentar as ilações retiradas das respostas apresentadas pelos diversos entrevistados. A estes excertos será sempre associado o código atribuído ao autor (ver 3.4.1).

CAPÍTULO IV

APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DOS RESULTADOS

4.1 Introdução

No presente capítulo apresentam-se e discutem-se os resultados obtidos nos dois estudos realizados, no âmbito da investigação em causa. Assim, este capítulo inclui dois subcapítulos principais, correspondendo o primeiro deles, 4.2, à apresentação e discussão dos resultados respeitantes à história do Átomo incluída nos manuais escolares selecionados e o segundo, 4.3, à apresentação e discussão dos resultados respeitantes às opiniões dos autores de manuais escolares sobre as características didáticas e científicas da abordagem da história do Átomo incluída nos respetivos manuais.

4.2 História do Átomo incluída nos manuais escolares

4.2.1. Tipo e organização da informação histórica acerca do Átomo

Esta dimensão de análise pretende averiguar o tipo de informação que é fornecida pelos manuais escolares sobre os cientistas que contribuíram para o conhecimento do átomo e sobre a evolução do modelo atómico. Assim, encontra-se dividida nas sub-dimensões 'Cientistas' e 'Evolução do modelo atómico'.

4.2.1.1 Cientistas

Na tabela 5 apresenta-se o resultado da análise dos manuais escolares selecionados para este estudo, no que respeita à informação que incluem relativa às características pessoais e profissionais dos cientistas.

No que respeita à vida pessoal dos cientistas, constata-se que apenas um dos manuais escolares (M9D) apresenta informação classificada em todos os aspetos específicos considerados. Os restantes manuais, tanto do 9º como de 10º ano, não fazem referência a características pessoais dos cientistas (ou seja, a atitudes dos cientistas ou ao seu carácter), centrando-se apenas em dados biográficos (nomes dos cientistas, datas de nascimento ou de morte ou curtas biografias) e em episódios da vida pessoal (onde nasceram, onde e o que estudaram ou prémios Nobel que receberam). O manual M10L é o que apresenta maior número

de referências (30) à vida dos cientistas e fá-lo em número superior a M9D (23) que é o manual que, neste aspeto, se destaca entre os manuais escolares de 9º ano.

Tabela 5 Tipo e organização da informação histórica acerca dos 'Cientistas' (f)

Aspetos considerados	Aspetos específicos	Manuais escolares 9º ano								Manuais escolares 10º ano							
		A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	L	M	N	O	P	Q
Vida dos cientistas	Dados biográficos	3	4	7	11	2	4	50	4	5	10	14	6	7	8	11	7
	Características pessoais	-	-	-	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Episódios da vida pessoal	3	7	6	10	1	4	2	2	4	4	16	6	4	4	6	4
Características profissionais dos cientistas	Famosos ou génios	-	-	-	11	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Pessoas comuns	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

No que respeita aos dados biográficos, da análise efetuada, constatou-se que nos manuais escolares de 9º ano, os cientistas mais referenciados são Demócrito, Dalton, Thomson, Rutherford e Bohr. Contudo, Dalton, Rutherford e Bohr são referenciados em todos os manuais escolares, enquanto que Demócrito e Thomson são mencionados em todos os manuais escolares, excepto em um (M9A). Surgem, ainda, em alguns dos manuais escolares analisados, referências a outros cientistas que intervieram na história do Átomo, como por exemplo, Chadwick, De Broglie, Heisenberg, Schrödinger, entre outros. Nos manuais escolares de 10º ano os cientistas mais referenciados são Thomson, Rutherford, Bohr (comuns ao 9º ano) e Schrödinger (referenciado em poucos manuais de 9º ano). Todos estes cientistas são referidos em todos os manuais escolares de 10º ano analisados.

As diferenças encontradas nos manuais escolares dos dois níveis de escolaridade, no que respeita aos dados biográficos, parecem estar relacionadas com o conteúdo histórico abordado, nomeadamente a valorização dos modelos mais recentes da história do Átomo, no caso dos manuais escolares de 10º ano e, os modelos de Thomson e de Rutherford, no caso dos manuais de 9º ano. O facto de nos manuais de 10º ano se valorizarem os modelos mais recentes da história do Átomo estará relacionado com o próprio programa da disciplina, conforme se referiu na secção 1.2.4, no qual se recomenda a lecionação do modelo mais atual do átomo, sendo este modelo incluído nos respetivos manuais escolares.

Por outro lado, para além do nome e das datas de nascimento ou de morte dos cientistas, alguns manuais escolares (M9A; M9D; M10M; M10P) apresentam curtas biografias de cientistas relevantes na evolução do Átomo. No excerto seguinte apresenta-se, a título de exemplo, um

extrato de uma curta biografia de um cientista apresentada num manual de 9º ano:

“Ernest Rutherford (1871-1937) Nasceu em Nelson, na Nova Zelândia, onde iniciou os estudos em Matemática e Física. Doutorou-se na Universidade de Cambridge, sendo aluno de J. J. Thomson, que o convenceu a investigar a radioactividade. Descobriu as partículas α e β , conseguindo demonstrar a sua natureza. [...] Recebeu o Prémio Nobel da Química em 1908. Realizou um velho sonho dos alquimistas: a transmutação artificial de um elemento noutra. [...] (M9A, p. 20).

No que respeita às características pessoais dos cientistas, a título de exemplo, e, relativamente a Erwin Schrödinger, surge, num manual de 9º ano, o seguinte excerto:

“Aquando da ocupação da Áustria pelos nazis, em 1933, decidiu deixar o seu país, por ser contra a perseguição aos Judeus.” (M9D, p. 211).

No que concerne a episódios associados à vida dos cientistas, a título de exemplo, apresentam-se os seguintes excertos, onde se mencionam nacionalidade, naturalidade, receção de prémios, idade, etc.:

“Ernest Rutherford, físico e químico inglês, nasceu na Nova Zelândia, onde iniciou os estudos em Matemática e Física. [...]” (M9D, p. 210).

“Em 1911, as experiências levadas a cabo pelo cientista neozelandês Ernest Rutherford [...], prémio Nobel da Química em 1908 [...]” (M10L, p. 87);

“Albert Einstein [...], físico teórico de origem alemã, recebeu o prémio Nobel da Física, em 1921 [...]” (M10, L, p. 96);

“Friedrich Hund (1896-1997), físico alemão, morreu com 101 anos.” (M10J, p. 70).

No que respeita às características profissionais dos cientistas, apenas o manual M9D lhes faz referência, predominando, contudo, as referências a cientistas como pessoas famosas ou génios (11) relativamente às referências em que estes profissionais são considerados pessoas comuns (1). Neste último caso são mencionados aspetos como falhar em exames, necessitar de trabalhar para sobreviver, ter família, etc.. No primeiro caso, as referências são do tipo:

“Max Planck, além de ser um físico brilhante, distinguido com o prémio Nobel da Física em 1918 [...]” (Manual M9D, p. 212).

Estão também neste grupo as referências que salientam Rutherford, por ter “sido um dos pioneiros da Física Nuclear” (M9D, p. 210) ou Einstein, por o seu nome ser “usado como sinónimo de génio”(M9D, p.213).

No segundo caso, a referência a Thomson que diz que este cientista “casou-se e teve dois filhos.” (M9D, p. 210), apresenta-o como uma pessoa normal, que faz coisas que os não cientistas fazem.

Constata-se assim que os manuais escolares de 9º ano são muito semelhantes aos de 10º ano no que respeita ao tipo de informação sobre os cientistas, mas verifica-se uma tendência

para essas referências serem mais frequentes no 10º ano. Contudo, foi no 9º ano que se encontrou o manual (M9D) com maior número de referências históricas sobre os cientistas, distribuídas por todos os aspetos específicos considerados.

Nestes aspetos, os resultados da análise de manuais no que respeita ao conteúdo histórico incluído na abordagem do Átomo são semelhantes aos obtidos por outros que analisaram outros temas (Pereira & Duarte, 1988; Amorim, 2009) ou manuais completos (Solbes & Traver, 1996; Leite, 2002; Baptista, 2006; Pereira & Amador, 2007; Ternes, Scheid & Güllich, 2009; Vidal, 2009).

A redução do conteúdo histórico a biografias foi já apresentada, nesta investigação, como um possível problema quando se inclui a História das Ciências no ensino das ciências (secção 2.3.3). De acordo com Esteban (2003), a análise da História das Ciências não se deverá reduzir a uma série de dados acumulados, onde se poderão incluir os biográficos, sendo necessário que os mesmos venham acompanhados de uma análise das suas inter-relações e influências recíprocas, necessárias à compreensão do modo como o conhecimento científico efetivamente evolui.

O facto de as características pessoais e das características profissionais dos cientistas serem abordadas em poucos manuais escolares, aliado ao facto de que, quando o fazem tendem a exagerar pela positiva, faz com que os manuais escolares contribuam pouco para a construção de uma imagem adequada dos cientistas e, antes, fomentem o perpetuar de imagens estereotipadas sobre os mesmos.

4.2.1.2 Evolução do modelo atómico

Na tabela 6 apresenta-se o resultado da análise dos manuais escolares selecionados para este estudo, no que respeita à informação que incluem relativa ao tipo de evolução do modelo atómico e às pessoas responsáveis por essa mesma evolução.

No que respeita aos manuais escolares analisados, constata-se (tabela 6) que em seis manuais do 9º ano e em seis manuais do 10º ano se fazem menções a descobertas científicas (referência ao responsável, ou responsáveis, pela descoberta e a respetiva data). No entanto, em três desses manuais de cada ano refere-se uma única descoberta científica. No caso dos manuais do 9º ano, em seis deles descrevem-se descobertas científicas (descrição de detalhes sobre a forma como a descoberta ocorreu). Destes, três descrevem uma única descoberta científica. No caso dos manuais do 10º ano, só dois deles fazem a descrição de descobertas científicas (uma

descoberta por manual).

Tabela 6 Tipo e organização da informação histórica acerca da ‘Evolução do modelo atômico’ (f)

Aspetos considerados	Aspetos específicos	Manuais escolares 9º ano								Manuais escolares 10º ano							
		A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	L	M	N	O	P	Q
Tipo de evolução	Menção a uma descoberta científica	1	4	1	-	3	1	2	-	2	-	1	1	3	1	2	-
	Descrição de uma descoberta científica	1	1	3	2	-	1	-	2	-	-	1	-	1	-	-	-
	Menção a períodos discretos	1	1	3	2	-	1	-	2	-	5	1	-	2	-	2	5
	Evolução linear e unidirecional	2	2	1	1	5	3	3	2	3	-	1	-	1	3	2	-
	Evolução real	-	-	4	3	-	1	1	-	1	1	4	4	1	1	2	1
Pessoas responsáveis	Cientistas individuais	2	9	3	3	7	3	3	3	4	3	5	7	3	5	5	9
	Grupos de cientistas	2	-	2	1	-	-	1	-	-	1	-	1	-	-	-	-
	Comunidade científica	2	-	2	1	-	-	1	-	1	1	-	-	1	-	-	-

Contabilizaram-se, nos manuais escolares analisados, as referências às descobertas do elétron, com as experiências de Thomson, à determinação da carga do elétron, à determinação da relação entre a carga elétrica e a massa do elétron, às experiências de Rutherford, à descoberta do próton e à descoberta do neutrão.

No caso da ‘menção a uma descoberta científica’ consideraram-se extratos do tipo:

“Em 1932, J. Chadwick descobre o neutrão cuja existência já tinha sido prevista por Rutherford.” (M9E, p. 93).

Para a ‘descrição de uma descoberta científica’ consideraram-se extratos do tipo:

“Sir Ernest Rutherford já sabia que os átomos de rádio eram radioativos, isto é, emitiam, espontaneamente, partículas com carga elétrica positiva (partículas α). Por isso introduziu um fragmento de uma substância radioativa numa caixa de chumbo com um orifício por onde saíram as partículas α , constituindo um feixe de partículas [...]. A experiência mostrou que a grande maioria das partículas alfa atravessava a folha sem sofrer qualquer desvio. Apenas algumas mudavam ligeiramente de direcção e outras até faziam ricochete. Então, os átomos não podiam ser maciços; teriam grandes espaços em torno de uma parte central que repelia as partículas alfa.” (M9A, p. 20 e 21).

Da análise efetuada constatou-se que, relativamente à descoberta do elétron, três manuais escolares do 9º ano incluem a descrição das experiências com raios catódicos (M9C, M9D e M9H), enquanto que quatro se limitam a mencionar a descoberta. Por outro lado, um dos

manuais escolares não faz referência a esta descoberta (M9A), enquanto que um outro desenvolve bastante os conteúdos respeitantes às experiências com raios catódicos, referindo a contribuição de outros cientistas, como Crooks, Thomson, Perrin e Stoney (M9C). Esta mesma descoberta é mencionada em seis manuais escolares do 10º ano (M10I, M10L, M10M, M10N, M10O e M10P). Verifica-se, ainda, que, no que diz respeito à experiência de Rutherford, seis dos manuais escolares de 9º ano analisados fazem a sua descrição (M9A, M9B, M9C, M9D, M9F e M9H). Por outro lado, só dois manuais do 10º ano apresentam a descrição dessa mesma experiência (M10J e M10Q), sendo esta apenas mencionada em um manual (M10I). A descoberta do neutrão é referida por quatro dos manuais do 9º ano (M9A, M9B, M9C e M9E) e por dois manuais do 10º ano (M10N e M10P) analisados. A experiência para a determinação do quociente entre a carga elétrica e a massa do eletrão é referida num só manual de 9º ano (M9C) e num só manual de 10º ano (M10N).

Pela análise da tabela 6 constata-se, ainda, que a forma como os manuais escolares de 9º ano apresentam a evolução dos modelos atômicos é maioritariamente uma ‘evolução linear e unidirecional’, na medida em que os períodos históricos surgem relacionados de uma forma sequencial, ao longo de um desenvolvimento bem definido. No que respeita à mesma subdimensão de análise (Tipo de evolução) não se verificaram grandes diferenças entre os manuais escolares de 9º ano analisados. No entanto, destacam-se alguns aspetos: o manual M9C é o que apresenta um maior número de descrições de descobertas científicas e, também, aquele em que os períodos históricos são apresentados, mais vezes, como resultado de uma ‘evolução real’. No que respeita aos manuais do 10º ano, constata-se que a evolução dos modelos atômicos apresentada é maioritariamente uma ‘evolução real’, na medida em que os períodos históricos surgem relacionados entre si, com a apresentação dos avanços e recuos, incluindo as controvérsias. No entanto, em dois manuais regista-se um número considerável de ocorrências relativas a ‘menção a períodos discretos’ (M10J e M10Q), em que dois ou mais períodos da evolução do modelo atômico são descritos mas sem ser explicitada qualquer relação entre eles.

Na ‘menção a períodos discretos’ incluíram-se extratos do tipo:

“Em 1897, Thomson descobriu o eletrão e propôs um modelo para o átomo em que este era constituído por uma esfera de carga positiva onde os electrões estavam distribuídos como as passas num pudim. [...]. Em 1911, Rutherford sugeriu um novo modelo para o átomo que considerava que toda a carga positiva e a maior parte da sua massa estavam concentradas num núcleo central com os electrões a circular em torno dele.” (Manual M9E, p. 92 e 93).

No caso da ‘evolução linear e unidirecional’ consideraram-se extratos do tipo:

“Mas, como os filósofos gregos não conseguiam comprovar a existência de átomos, esta ideia foi

abandonada por um período de tempo. Só cerca de 2000 anos depois, no início do século XIX, o físico e químico inglês Jonh Dalton (1766-1844) viria a apresentar um primeiro modelo para o átomo. Dalton acreditava que os átomos eram indivisíveis e que não podiam ser criados nem destruídos.” (Manual M9B, p. 180).

Quanto à ‘evolução real’, consideraram-se extratos do tipo:

“O modelo de Rutherford representado [...] deixava, no entanto, sem resposta algumas questões muito importantes. [...] Rutherford e outros cientistas postularam a existência, no núcleo, de outra partícula com massa, mas sem carga. A existência dessa partícula foi mais tarde comprovada pelo cientista J. Chadwick, em 1932, que lhe deu o nome de neutrão. O modelo planetário de Rutherford foi posto em causa, por volta de 1913, pelo físico dinamarquês Niels Bohr, ao publicar as suas ideias revolucionárias sobre a estrutura electrónica do átomo.” (Manual M9C, p. 133);

ou do tipo:

“A palavra átomo tem origem grega e significa não cortado, que não se pode cortar, indivisível... e foi utilizada pela primeira vez por Leucipo, e pelo seu discípulo Demócrito, no século V a.C. Devido ao predomínio do pensamento de outros filósofos gregos - Platão e Aristóteles – e posteriormente à falta de evidência experimental e de um suporte teórico, a ideia de átomo não se conseguiu impor. Foi só ao fim de 2200 anos, mais concretamente no século XIX, com o trabalho do cientista inglês Jonh Dalton, que a ideia de átomo se começou a impor [...]” (Manual M9C, p. 130).

Os manuais escolares de 9º ano, por não apresentarem a evolução dos modelos atómicos como sendo, maioritariamente, uma ‘evolução linear e unidirecional’, não salientando a história do Átomo como um processo resultante de avanços e recuos e, também, de controvérsias, parecem não ir de encontro ao preconizado no Currículo Nacional do Ensino Básico. De facto, conforme se referiu anteriormente (secção 1.2.3), segundo esse mesmo documento, os alunos deverão saber como algumas ideias importantes, ao longo da História das Ciências, foram aceites e desenvolvidas e outras rejeitadas e substituídas, sugerindo-se a análise e debate de relatos de descobertas de cientistas, evidenciando-se êxitos e fracassos, persistência e formas de trabalho de diferentes cientistas. Acresce, ainda, que a generalidade dos manuais escolares de 9º ano e parte dos manuais escolares de 10º ano, relativamente a esta especificação, não vão de encontro a um dos argumentos a favor da utilização da História das Ciências no ensino das ciências, segundo o qual a História das Ciências poderá permitir promover a compreensão do conhecimento científico. De facto, e conforme também já foi referido (secções 1.2.2 e 2.3), de acordo com vários autores (Mathews, 1994; Erduran & Scerri, 2002; Leite, 2002; Esteban, 2003; Domingues & Duarte, 2008; Hodson, 2008; Reis & Galvão, 2008; Gilbert & Treagust, 2009; Viana & Porto, 2009), os estudantes, ao serem confrontados com a forma como os conceitos científicos foram trabalhados ao longo do tempo, com os erros cometidos, poderão entender melhor como os mesmos se foram adquirindo e desenvolvendo.

Pela análise da tabela 6 verifica-se, também, que a história do Átomo é apresentada, na

maioria dos manuais escolares analisados, como resultado do trabalho de cientistas individuais (para uma descoberta, só há referência ao trabalho de um cientista), havendo poucas referências ao papel de grupos de cientistas (quando são referidos dois ou mais cientistas a trabalhar em conjunto) ou da comunidade científica (quando há referência a que uma dada descoberta é resultado do trabalho dos cientistas da época).

O trabalho de 'grupos de cientistas' é referido em alguns manuais escolares, destacando-se, nesses casos, a importância do trabalho em cooperação e da ajuda mútua daí resultante (M9A, M9C, M9D, M9G, M10J e M10M).

Relativamente ao item 'cientistas individuais', consideraram-se excertos do tipo:

"O cientista Ernest Rutherford fez uma experiência extremamente engenhosa que permitiu mostrar que os átomos eram constituídos por um núcleo central e electrões à sua volta." (M9A, p. 20).

No item 'grupos de cientistas', incluíram-se excertos do tipo:

"O físico dinamarquês Niels Bohr [...] teve oportunidade de trabalhar com Rutherford e de conhecer o seu modelo em pormenor. Apercebendo-se das falhas do modelo, intensificou as suas pesquisas [...]. (M9 D, p. 159).

Por último, no que respeita à 'comunidade científica' consideraram-se excertos do tipo:

"A descoberta da constituição dos átomos foi um processo lento, que ficou a dever-se a vários cientistas, desde meados do século XIX até meados do século XX." (M9D, p. 145).

Acresce que o papel dos 'grupos de cientistas' na evolução do modelo atómico, quando surge nos manuais escolares de 10º ano (M10J e M10M), é pouco evidenciado, não se salientando a importância do trabalho em cooperação e da ajuda mútua daí resultante. Os excertos seguintes ilustram o exposto:

"Erwin Schrödiger [...] juntamente com Werner Heisenberg, desenvolveu um modelo probabilístico para determinar as regiões ou nuvens onde mais provavelmente se poderiam encontrar os electrões." (M10J, p. 64);

"Thomson imaginou o átomo como uma esfera maciça carregada positivamente, onde os electrões se encontravam incrustados como 'passas num bolo'. No entanto, este modelo não resistiu a novas descobertas como a da radioatividade e a experiências realizadas por Rutherford e seus colaboradores, que levaram este cientista à concepção de um novo modelo." (M10M, p. 105).

Verifica-se, no que respeita à mesma especificação ('Pessoas responsáveis'), que o papel da comunidade científica também é pouco salientado, principalmente nos manuais de 10º ano. De facto, só três dos manuais escolares analisados (M10I, M10J e M10N) fazem referência ao seu papel. No entanto, em dois dos manuais (M10J e M10N) não lhe é atribuída qualquer ênfase, tal como se ilustra nos seguintes excertos:

"Quando Bohr se debruçou sobre este problema, já os físicos conheciam a existência de prótons e de electrões e usavam o modelo atómico de Rutherford" (M10J, p.61);

“Os nomes de Dirac, Schrödinger e Heisenberg estão na base do atual modelo quântico do átomo, onde as órbitas dos elétrons propostas por Bohr dão lugar a orbitais” (M10N, p. 91).

Destaca-se, nesta especificação, o manual M10I, por apresentar um texto, no início da unidade programática, onde se descreve o papel dos cientistas e se faz referência à difusão dos seus trabalhos. O excerto seguinte ilustra o conteúdo desse texto:

“Os resultados dos trabalhos de investigação científica que vão sendo desenvolvidos devem ser comunicados a toda a comunidade científica [...]. Os trabalhos dos cientistas que, no início do século XX, contribuíram para o conhecimento da estrutura atômica, [...], foram publicados na conceituada revista *Philosophical Magazine and Journal of Science*” (M10I, p. 80).

Da análise efetuada constatou-se, ainda, que, na generalidade dos manuais, no que respeita aos diferentes períodos da história do Átomo, quando estes surgem relacionados, apresentando-se avanços e recuos, incluindo as controvérsias, e quando há referências ao papel da comunidade científica, tal se verifica em maior número de casos nas experiências de Bohr e no atual modelo quântico do átomo, e, em menor número, nos outros períodos da história do Átomo.

Em suma, constatou-se que tanto nos manuais escolares de 9º ano como de 10º ano a história do Átomo, é, no geral, apresentada como sendo fruto de cientistas individuais.

Por outro lado, enquanto que os manuais de 9º ano, na sua generalidade, a evolução do modelo atômico é apresentada salientando-se quer a menção a descobertas científicas quer a descrição de algumas descobertas, nos manuais de 10º ano constatou-se, relativamente à mesma sub-dimensão de análise, que em quase todos se faz referência a menções a descobertas científicas mas que em poucos há a preocupação de as descrever.

Tanto nos manuais de 9º ano como nos de 10º ano, no que respeita à descoberta do elétron, os autores da maioria dos manuais optaram por lhe fazer uma menção. No entanto, nos manuais de 10º ano, esta é mais frequente do que nos de 9º ano. No que respeita à descoberta do neutrão, esta é mencionada mais vezes nos manuais escolares de 9º do que nos de 10º ano. Verificou-se, também, que, enquanto que a experiência de Rutherford é descrita na maior parte dos manuais de 9º ano, nos manuais de 10º ano, esta mesma experiência é descrita em apenas dois manuais escolares analisados. Verificou-se, assim, que a experiência que é mais descrita nos manuais escolares analisados é a experiência de Rutherford, ocorrendo, contudo, mais ocorrências nos manuais de 9º ano.

Ainda relativamente à mesma sub-dimensão de análise, ‘Tipo de evolução’, verifica-se, no que respeita aos manuais escolares de 9º ano analisados, que a história do Átomo é apresentada, maioritariamente, como resultado de uma ‘evolução linear e unidirecional’ e, no

que respeita aos manuais escolares do 10º ano, que a história do Átomo é apresentada, maioritariamente, como resultado de uma ‘evolução real’.

No que respeita à subdimensão de análise ‘Tipo de evolução’, os resultados parecem, sugerir que, os manuais de 10º ano, ao privilegiarem os modelos mais recentes do Átomo, comparativamente com os de 9º ano, não terão desenvolvido de igual forma as experiências de Rutherford e a descoberta do neutrão. Pela mesma razão, terão mencionado algumas descobertas científicas, de épocas não tão recentes, mas terão tido menos a preocupação de as descrever. Também o facto de, nos manuais de 10º ano, se desenvolver bastante o modelo de Bohr ou o modelo quântico poderá ter proporcionado uma maior frequência de episódios centrados na evolução real dos acontecimentos descritos (mais recentes).

Os resultados da análise dos manuais no que respeita à forma como é apresentada a evolução do modelo atómico, designadamente, a valorização das menções a descobertas científicas, o fraco valor dado à descrição das descobertas científicas e o papel da comunidade científica ser pouco evidenciado nessa mesma evolução, são semelhantes aos já obtidos por outros autores quando analisaram outros temas em manuais escolares (Campos, 1996; Leite, 2002; Niaz & Rodriguez, 2002; Amorim, 2009; Ternes, Scheid & Güllich, 2009; Vidal, 2009).

O facto de não se valorizarem, nos manuais escolares analisados, as descrições das descobertas científicas, mostrando as controvérsias, os avanços e recuos, e de não se salientar o papel dos grupos de cientistas ou da comunidade científica na evolução do modelo atómico, dificulta a assimilação, por parte dos alunos, de uma visão adequada de como se constrói o conhecimento científico e não dá cumprimento ao preconizado no CNEB e nos programas quando referem que os alunos devem adquirir a compreensão do modo como algumas ideias evoluem ao longo do tempo.

4.2.2 Material usado para apresentar a informação histórica acerca do Átomo

Nos manuais escolares analisados, constata-se (tabela 7) que as fotografias ou outras representações de cientistas (desde fotografias de estátuas de cientistas, de pinturas ou desenhos) e os esquemas elaborados por autores de manuais (representações de modelos atómicos elaboradas pelos autores dos manuais, incluindo representações do modelo atómico atual) são os materiais privilegiados pelos autores dos manuais de 9º e de 10º anos para apresentarem a informação histórica acerca do Átomo.

Tabela 7 Material usado para apresentar a informação histórica acerca do Átomo (f)

Aspectos Considerados	Manuais escolares 9º ano								Manuais escolares 10º ano							
	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	L	M	N	O	P	Q
Fotografias ou outras representações de cientistas	3	4	7	11	8	3	5	5	-	8	7	6	6	2	2	3
Fotografias de máquinas, equipamento de laboratório, etc.	-	-	1	1	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-
Documentos / textos originais	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Experiências históricas	1	1	1	1	-	1	-	2	-	-	1	-	1	-	-	-
Fontes secundárias	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Textos elaborados por autores de manuais	4	1	-	11	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-
Esquemas elaborados por autores de manuais	3	8	3	6	5	4	4	5	3	5	-	7	6	5	2	5
Outros	-	1	-	-	2	1	1	-	4	-	-	-	-	-	-	-

Nos manuais de 9º ano, os autores também privilegiam as experiências históricas (aquelas que foram realizadas ou atribuídas aos cientistas do passado e que são ilustradas, nos manuais escolares, através de um esquema), enquanto que, nos de 10º ano, estas surgem apenas em dois (M10L e M10N) dos manuais analisados. As fotografias de máquinas ou de equipamento de laboratório (equipamentos usados ou descobertos pelos cientistas do passado) surgem somente em três manuais de 9º ano (M9C, M9D e M9H). Um dos manuais de 9º ano (M9D) apresenta um considerável número de ocorrências no que respeita a textos elaborados por autores de manuais (ensaios do(s) autor (es) sobre um tópico ou cientista, evidenciado do texto principal do manual).

Em nenhum dos manuais escolares analisados, tanto de 9º como de 10º anos, surgem documentos /textos originais (escritos ou produzidos pelos próprios cientistas, ou as respetivas traduções) ou 'fontes secundárias' (textos, modelos ou desenhos de equipamentos que não tenham sido concebidos nem pelos cientistas, nem pelos autores dos manuais, mas que tenham origem, por exemplo, em livros de História das Ciências).

Apesar de os manuais escolares serem bastante idênticos no que respeita a esta dimensão de análise, pode salientar-se, no que respeita aos manuais de 9º ano, um maior número de ocorrências no manual M9D. Este manual apresenta, nas páginas finais, diversa informação sobre a vida de alguns cientistas. Relativamente aos manuais de 10º ano, salienta-se um maior número de ocorrências nos manuais M10J, M10M e M10N. Por outro lado, o manual M10P é o

que apresenta um menor número de ocorrências.

Da análise efetuada constatou-se que as fotografias que surgem com mais frequência nos manuais escolares de 9º ano analisados são as de Demócrito, Dalton, Thomson, Rutherford e Bohr, enquanto que nos manuais de 10º ano, são as de cientistas mais recentes na história do Átomo, tais como Bohr, Schrödinger e Heisenberg. São também apresentadas, em alguns manuais de 10º ano, fotografias de cientistas relativamente recentes, tais como, De Broglie, Balmer, Lyman, Paschen, Bracket, Planck, Pauli e Hund. Esta constatação parece evidenciar uma maior preocupação dos autores dos manuais escolares de 10º ano em privilegiar os modelos mais recentes do Átomo na apresentação da evolução dos modelos atômicos, o que estará relacionado com os conteúdos do programa da disciplina, conforme se referiu anteriormente (secção 4.2.1.1). Nas figuras 2 e 3 apresentam-se, como exemplo, duas fotografias de cientistas incluídas num manual escolar de 10º ano.

Relativamente aos 'esquemas elaborados por autores de manuais', constata-se que os manuais escolares analisados apresentam o conteúdo histórico sobre o Átomo fazendo uso de esquemas representativos de modelos atômicos. Nos manuais de 9º ano e de 10º ano surgem representados, maioritariamente, os modelos de Thomson, de Rutherford, de Bohr e o modelo quântico. Nos manuais de 10º ano, encontraram-se, também, esquemas dos modelos de Dalton.



Fig 2: Fotografia de Niels Bohr (extraído de M10L, pág. 88)



Fig: 3: Fotografia de Louis de Broglie (extraído de M10L, pág. 89)

Um dos manuais de 10º ano (M10N) apresenta um esquema de um modelo do átomo com o núcleo (com prótons e neutrões), evidenciando, assim, a transição entre o modelo de Bohr e o modelo quântico e salientando a descoberta experimental dos neutrões, por Chadwick. Nas figuras 4 a 9 apresentam-se, como exemplo, algumas representações de modelos atômicos elaboradas por autores de manuais.

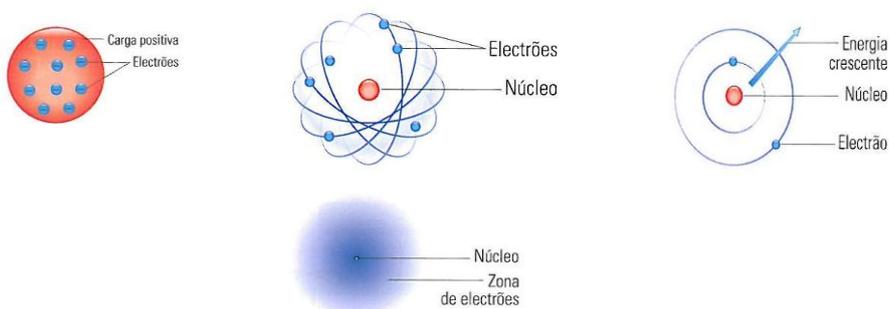


Fig. 4: Esquemas de modelos atômicos (extraído de M9F, p. 146 e 147)

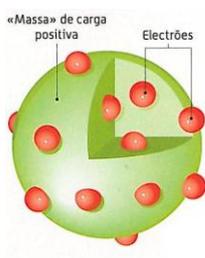


Fig. 5: Esquema do modelo atômico de Thomson (extraído de M9G, p. 146)

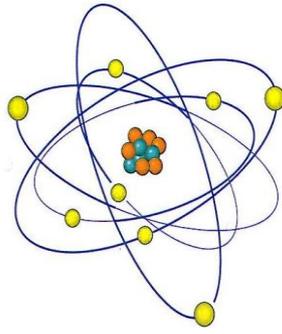


Fig. 6: Esquema do modelo atômico de Rutherford (extraído de M9C, p. 133)

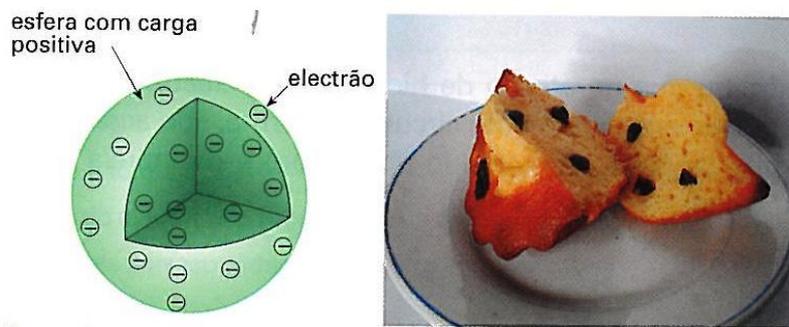


Fig. 7: Comparação do modelo do átomo de Thomson como pudim de ameixas (extraído de M10I, p. 83)

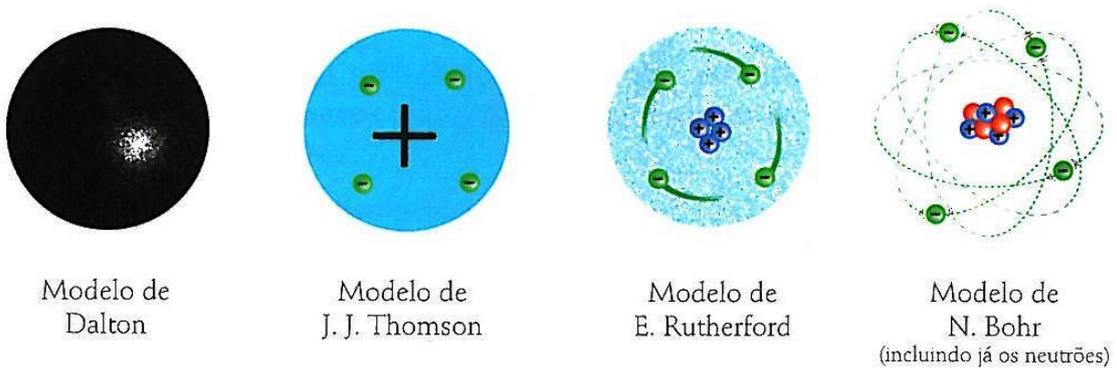


Fig. 8: Modelos sucessivamente adotados para o átomo de berílio (extraídos de M10M, p. 105)

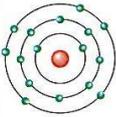
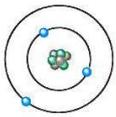
Modelo de Bohr	Núcleo com prótons e neutrões	Modelo quântico
		
Estados estacionários	Descoberta experimental dos neutrões	Nuvens electrónicas
		
N. Bohr	J. Chadwick	E. Schroedinger (e outros)
1913	1932	1926

Fig. 9: Transição entre o modelo atômico de Bohr e o modelo quântico (extraído de M10N, p.90)

Importa salientar que, conforme Cardoso (2002a) alertou, e de acordo com o que já foi referido (secção 2.4), na lecionação da história do Átomo, é importante chamar-se a atenção para o facto de os modelos não corresponderem a fotografias da realidade. Neste ponto, não se encontrou, na generalidade dos manuais escolares analisados, uma preocupação em transmitir essa ideia aos estudantes. O excerto que se segue ilustra uma exceção ao que se referiu:

“Como acontece em qualquer modelo, faz-se uma representação simbólica do átomo. Não é o ‘retrato físico’ do átomo real.” (Manual M9A, p. 22).

No que respeita a fotografias de máquinas ou equipamento de laboratório, apresenta-se um dos exemplos que surgiu num dos manuais escolares analisados.

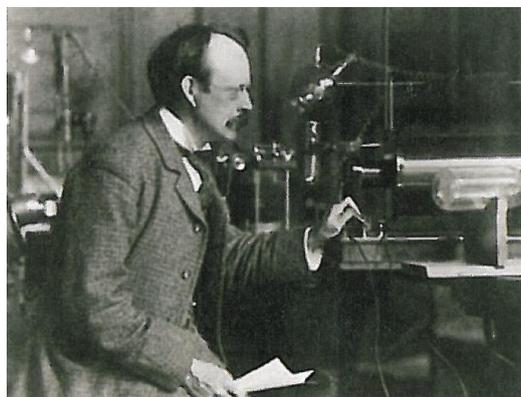


Fig. 10: Equipamento utilizado por Joseph John Thomson nas experiências com raios catódicos (extraído de M9C, p. 131)

No que respeita às experiências históricas, verifica-se que a que surge ilustrada nos manuais escolares é a experiência de Rutherford. Só um dos manuais (M9H) apresenta informação, através de um esquema, das experiências com tubos de descarga. Nas figuras seguintes apresentam-se, como exemplo, alguns esquemas representativos de experiências históricas apresentadas nos manuais analisados.

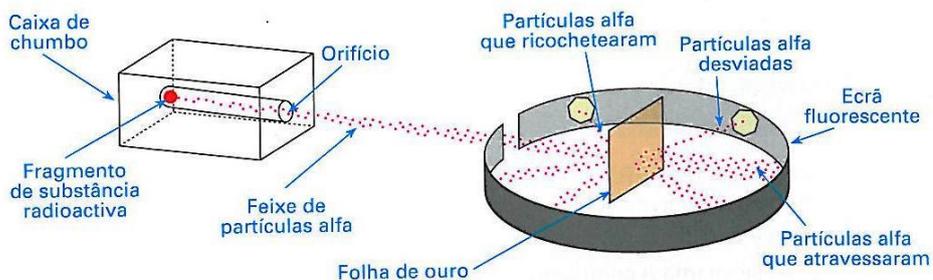


Fig.11: Esquema representativo da experiência de Rutherford (extraído de M9A, p. 20)

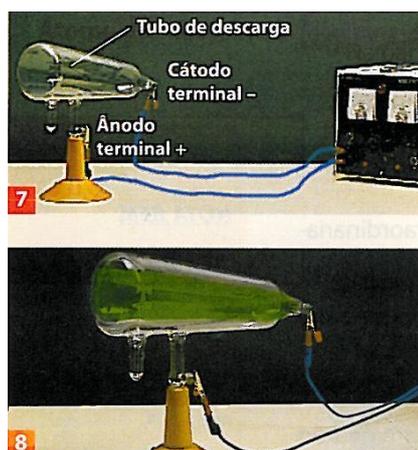


Fig. 12: Esquemas de experiências realizadas com tubos de descarga (extraído de M9H, p. 178)

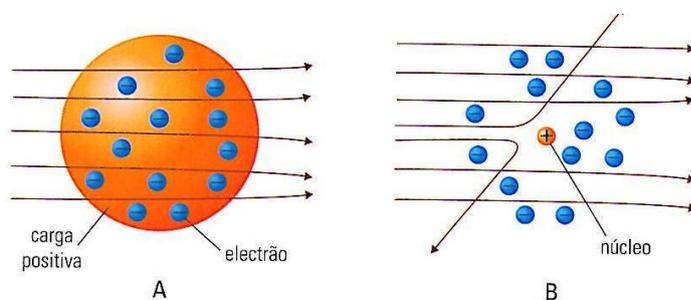


Fig.13 Esquema representativo da experiência de Rutherford (extraído de M10N, p. 91)

Relativamente aos textos elaborados por autores de manuais apresenta-se, como exemplo, um extrato surgido num dos manuais escolares analisados.

John Dalton

FAMOSO químico, físico e matemático inglês que não conseguia distinguir as cores. Fez estudos sobre si próprio, referentes a este defeito congénito e hereditário, que tomou mais tarde o nome de daltonismo.

É considerado o fundador da moderna hipótese atômica da matéria.



John Dalton
(1766-1844).

Figura 14: Texto elaborado por autores de manuais escolares (extraído de M9D, p. 210)

Em relação à sub-dimensão 'Outros' (selos, pinturas, desenhos figurativos, símbolos de elementos químicos utilizados por cientistas do passado, imagens obtidas com programas de computadores, etc.), apresentam-se alguns exemplos que surgiram nos manuais escolares analisados.



Fig. 15: Desenho ilustrativo de Aristóteles e dos quatro elementos: água, ar, terra e fogo (extraído de M9E, p.92)

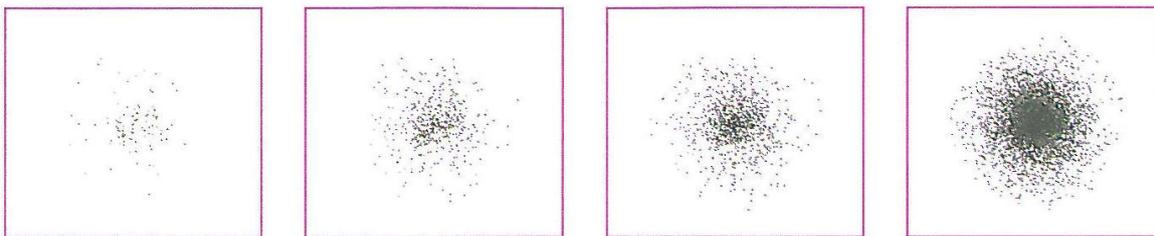


Fig. 16: Imagens da nuvem eletrônica de um átomo de hidrogênio obtidas com um programa de computador (extraído de M9C, p. 135)



Fig. 17: Símbolos de Dalton (extraído de M9F, p. 146)



Rutherford



Bohr

Fig. 18: Selos de Rutherford e de Bohr (extraído de M10I, p.83)

Sintetizando, podemos afirmar que, no caso dos manuais de 9º ano, as fotografias que surgem com mais frequência nos manuais escolares analisados são as de Demócrito, Dalton, Thomson, Rutherford e Bohr; no caso do 10º ano são as de cientistas mais recentes da história do Átomo, tais como Bohr, Schrödinger e Heisenberg, para o 10º ano. No que respeita às experiências históricas, as quais são apresentadas somente em manuais de 9º ano, a que surge ilustrada, maioritariamente, é a experiência de Rutherford. Relativamente aos esquemas

elaborados pelos autores, surgem representados, maioritariamente, esquemas dos modelos atômicos de Dalton (manuais de 10º ano), de Thomson, de Rutherford e da nuvem eletrônica (manuais de 9º e 10º) e de Bohr (manuais de 9º ano).

Em suma, no que respeita ao material utilizado para apresentar a informação histórica, os autores dos manuais escolares analisados privilegiaram as fotografias de cientistas e os esquemas elaborados por autores de manuais escolares, não tendo optado pela inclusão de documentos ou de textos originais ou de fontes secundárias. Nos manuais de 9º ano surgem, ainda, em alguns casos, experiências históricas. Estes resultados vêm de encontro aos encontrados em outros estudos de autores que analisaram o conteúdo histórico em manuais escolares estrangeiros (ex: Solbes & Traver, 1996) ou nacionais (ex: Cardoso, 2002b; Baptista, 2006; Amorim, 2009).

Apesar de no CNEB ou nos programas das disciplinas não ser explicitado, em particular, o tipo de atividades que os alunos deverão realizar no âmbito da História das Ciências ou, mais concretamente, da história do Átomo, mas tendo em conta as competências a desenvolver nos alunos, que são sugeridas nesses mesmos documentos, designadamente competências epistemológicas, seria desejável, alargar o leque e a quantidade de atividades relacionadas com o conteúdo histórico incluído nos manuais.

Acresce ainda que, o facto de o material utilizado nos manuais escolares analisados para apresentar a informação histórica acerca do Átomo não incluir documentos ou textos originais nem fontes secundárias, limita a contribuição que a História das Ciências pode dar para o desenvolvimento, por parte dos alunos, de competências de análise e de um melhor conhecimento da História das Ciências.

4.2.3 Conteúdo histórico sobre o Átomo

Os resultados respeitantes ao conteúdo histórico abordado nos manuais escolares analisados são apresentados na tabela 8. Da análise desses resultados pode-se constatar que todos os manuais escolares de 9º ano abordam o atomismo grego mas que só três manuais de 10º (M10L, M10N e M10P) o fazem. Verifica-se, ainda, que só três dos manuais analisados, um manual de 9º ano (M9D) e dois manuais de 10º ano (M10L e M10P), fazem referência ao retomar do atomismo nos séculos XVII e XVIII, não havendo qualquer referência a cientistas como Gassendi, Boyle ou Newton. O surgimento da Química contemporânea, nos séculos XVIII e XIX, e o contributo de Lavoisier não são referidos em nenhum dos manuais escolares analisados.

Tabela 8 Conteúdo histórico relacionado com o Átomo abordado nos manuais escolares analisados

Aspetos Considerados		Manuais escolares 9º ano								Manuais escolares 10º ano							
		A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	L	M	N	O	P	Q
Atomismo grego e Ciência grega da Antiguidade		x	x	x	x	x	x	x	x	-	-	x	-	x	-	x	-
Atomismo do século XVII	Atomismo	-	-	-	x	-	-	-	-	-	-	x	-	-	-	x	-
	Boyle	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Newton	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Gassendi	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Química contemporânea (Séculos XVIII – XIX)	Química contemporâneas	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Estudo dos gases	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Trabalhos de Lavoisier	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Modelo de Dalton (Século XIX)	Modelo de Dalton	x	x	x	x	x	x	x	x	-	x	x	x	x	x	x	x
	Proust	-	-	-	-	-	-	x	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Lavoisier	-	-	-	-	-	-	x	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Newton	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Modelo atômico de Thomson (Séculos XIX – XX)	M. Thomson	-	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
	Experiências com gases rarefeitos	-	x	x	x	-	x	x	x	-	-	-	-	x	x	x	-
	Descoberta do eletrão por Thomson	-	x	x	x	-	x	x	x	x	-	-	-	x	x	x	-
	Determinação da carga do eletrão por Milikan	-	x	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	x	-	-	-
Modelo de Rutherford (Séculos XIX – XX)	M. Rutherford	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
	Experiências sobre difusão de partículas α	x	x	x	x	-	x	x	x	x	-	x	-	x	x	-	-
Modelo de Bohr (Século XX)	M. Bohr	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
	Estrutura descontínua da radiação (Max Planck)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	x	x	x	-	x	-	-
	Conceito de fóton (Einstein)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	x	x	-	-	-	-	-
Modelo quântico (Século XX)	M. quântico	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
	De Broglie	-	-	-	x	-	-	x	-	-	-	x	-	-	x	x	-
	Schrodinger	-	-	-	x	-	-	x	-	-	x	x	x	x	x	x	-
	Heisenberg Dirac	-	-	-	x	-	-	x	-	x	x	x	x	x	x	x	x
Descoberta do neutrão por Chadwick		x	x	x	-	x	x	-	x	-	-	-	-	x	-	x	-
Continuação da exploração do interior do átomo		-	x	-	x	-	-	x	x	-	-	-	x	-	-	-	-

Tais resultados permitem constatar que, em termos gerais, os manuais escolares não privilegiaram a história do Átomo anterior ao século XIX, passando da Antiguidade, com o atomismo grego, em particular nos manuais de 9º ano, para o século XIX, com o modelo atômico de Dalton.

Da análise destes resultados constata-se, ainda, que o modelo atômico de Dalton é apresentado em todos os manuais escolares (exceto no manual M10I) analisados. Verifica-se, no entanto, que só um dos manuais (M9G) salienta a contribuição de Proust e de Lavoisier para essa nova hipótese sobre a constituição da matéria, conforme se ilustra no excerto:

“Demócrito e Leucipo [...] sugeriram que toda a matéria era constituída por partículas de pequeníssimas dimensões indivisíveis que designaram por átomos. [...]. No início do século XIX, esta ideia ressurgiu, graças aos trabalhos experimentais de químicos como Lavoisier, Boyle e Proust.” (M9G, p.146).

Em todos os manuais escolares (exceto no manual M9A) é apresentado o modelo atômico de Thomson (tabela 8). No que respeita aos manuais de 9º ano, nessa apresentação é incluída informação sobre as experiências com gases rarefeitos ou sobre a descoberta do eletrão, por Thomson. Só um destes manuais (M9E), apesar de referir o modelo de Thomson, não menciona essa informação. Relativamente aos manuais de 10º ano, só quatro (M10I, M10N, M10O e M10P) incluem informação sobre as experiências com gases rarefeitos ou sobre a descoberta do eletrão, por Thomson.

A título de exemplo apresentam-se três excertos de manuais escolares de 9º ano e outros três de manuais de 10º ano que ilustram a informação sobre as experiências com gases rarefeitos ou sobre a descoberta do eletrão que é apresentada quando referem o modelo de Thomson:

“Em 1897, o físico inglês Joseph Thomson [...] descobriu o eletrão. Este cientista realizou diversas experiências utilizando um tubo de descarga elétrica. Fazendo descargas elétricas no interior deste tubo, observou uma fluorescência [...]”. (M9D, p. 158);

“Em 1897, o físico inglês Joseph Thomson descobriu o eletrão enquanto observava descargas elétricas através de gases rarefeitos.” (M9F, p. 146).

“Quando nos terminais de um tubo de descarga, com um gás rarefeito no seu interior, se estabelecia um grande diferença de potencial, observava-se no seu interior uma fluorescência esverdeada que é independente da natureza do gás e do metal que formava os elétrodos. O físico Joseph Thomson, explicou que esta fluorescência [...]”. (M9H, p. 178).

“Em 1897 o inglês Joseph Thomson beneficiando de experiências anteriores realizadas por William Crookes, realizou descargas elétricas em gases. Estas experiências conduziram à ideia da existência de partículas subatómicasde carga elétrica negativa, os eletrões.” (M10N, p. 90);

“Baseando-se nos resultados obtidos em experiências realizadas em 1897, com tubos de descarga, o físico inglês Joseph Thomson (1856-1940) descobriu o eletrão.” (M10O, p. 111).

“Em 1897, Thomson, recorrendo a experiências em que submetia gases em tubos de baixa pressão a uma diferença de potencial, descobriu partículas negativas muito mais pequenas que os átomos – os eletrões - provando assim que os átomos não eram indivisíveis.” (M10P, p. 126).

Relativamente à determinação da carga do eletrão, por Milikan, só em dois dos manuais escolares analisados (M9B e M10N) se verificam referências a tal acontecimento (tabela 8). Os excertos que se seguem ilustram a referida determinação.

“1909 Robert Millikan, físico norte-americano, determina a carga do electrão.” (M9B, p. 185);

“Algumas experiências entretanto realizadas conduziram a progressos notáveis no conhecimento do átomo. É o caso da célebre experiência das gotas de óleo levada a cabo pelo físico norte-americano Robert Millikan em 1909, que conduziu ao valor preciso da carga do electrão, [...]” (M10N, p. 91).

O modelo atómico de Rutherford é referido em todos os manuais escolares analisados (tabela 8). Além disso, as experiências sobre difusão de partículas α são mencionadas em todos os manuais de 9º ano, exceto em um (manual M9E) e em metade dos manuais escolares de 10º ano analisados.

Como exemplo apresentam-se quatro excertos de manuais escolares que ilustram a apresentação das experiências sobre difusão de partículas α .

“Sir Ernest Rutherford [...] introduziu um fragmento de uma substância radioativa numa caixa de chumbo com um orifício por onde saíram as partículas α , constituindo um feixe de partículas. No trajeto desse feixe colocou um ecrã [...]” (M9A, p. 20);

“Ernest Rutherford [...] após ter realizado experiências com feixes de partículas (α) – partículas de carga positiva – emitidas por elementos radioativos, que bombardeavam um finíssima folha de ouro, obteve resultados que mostraram que a maioria destas partículas [...]” (M9D, p. 159).

“Os trabalhos de Rutherford (bombardeando finas folhas de ouro com núcleos de hélio) não deixaram dúvidas de que os átomos não eram constituídos segundo o modelo de Thomson, mas sim por um núcleo, de carga elétrica positiva [...], em torno do qual se distribuíam os eletrões com carga negativa.” (M10I, p. 83);

“Em 1911, as experiências levadas a cabo pelo cientista neozelandês Ernest Rutherford [...] vieram pôr em causa o modelo atómico de Thomson. Ao investigar a dispersão das partículas alfa por folhas delgadas de ouro, Rutherford verificou que a grande maioria das partículas atravessava a folha sem se desviar [...]” (M10L, p. 87).

Todos os manuais escolares apresentam o modelo de Bohr (tabela 8). No entanto, no que respeita aos manuais escolares de 9º ano, em nenhum deles há referências ao aproveitamento que este físico fez dos trabalhos de Planck e de Einstein, da hipótese de uma estrutura descontínua da radiação e do conceito de fóton. Só um dos manuais (M9A), apesar de não referir o nome de cientistas a que são devidos, faz uma referência a esses trabalhos, conforme se explicita no excerto seguinte:

“Em 1913, o cientista Niels Bohr propôs um modelo atómico a partir das descobertas da luz e da energia.” (M9A, p. 22)

Relativamente aos manuais de 10º ano, verifica-se que o modelo de Bohr é bastante desenvolvido em todos os manuais escolares analisados. A contribuição de alguns cientistas para a formulação desse modelo, como atrás se refere, é apresentada em parte dos manuais escolares (dois manuais referem a contribuição de Max Planck e de Einstein, outros dois referem a contribuição de Max Planck).

O excerto seguinte ilustra a contribuição de Max Planck e de Alberte Einstein para o modelo atómico de Bohr.

“Em 1913, após Max Planck ter enunciado a quantificação da energia electromagnética e Einstein ter interpretado o efeito fotoeléctrico, Niels Bohr forneceu uma explicação teórica para o espectro de riscas do hidrogénio.” (M10J, p. 61)

O modelo quântico é referido por todos os manuais escolares (tabela 6). No entanto, no que respeita aos manuais de 9º ano, só dois destes (manuais M9D e M9G) referem o trabalho de cientistas como De Broglie, Schrödinger, Heisenberg ou Dirac. O excerto seguinte ilustra o referido:

“Atualmente, a comunidade científica utiliza o modelo da nuvem eletrónica para descrever o átomo. Para o desenvolvimento deste modelo foram importantes as pesquisas realizadas pelo francês Louis de Broglie [...], pelo alemão Werner Heisenberg [...] e pelo austriaco Erwin Schrödinger [...]” (M9D, p. 160).

Relativamente aos manuais escolares de 10º ano, o modelo quântico, tal como o modelo de Bohr, é também bastante desenvolvido, sendo salientada a contribuição dos cientistas atrás referidos: um manual refere a contribuição de De Broglie, de Schrödinger, de Heisenberg e de Dirac, outro refere a contribuição de Schrödinger, de Heisenberg e de Dirac, outro, a contribuição de De Broglie, de Schrödinger e de Heisenberg, os restantes, referem, pelo menos, a contribuição de um destes cientistas.

A título de exemplo apresenta-se um excerto de um manual de 10º ano que ilustra a contribuição de De Broglie para esse modelo.

“Louis de Broglie (1892-1987), cientista francês [...], contribuiu decisivamente para o desenvolvimento do modelo quântico, ao afirmar, em 1924, que toda a matéria, e não apenas a luz, tem um comportamento ondulatório.” (M10L, p. 89)

A descoberta do neutrão é referida em seis dos manuais de 9º ano analisados e em apenas dois dos manuais escolares de 10º ano analisados (tabela 8).

Quatro dos manuais escolares de 9º ano não referem a continuação da exploração do interior do átomo e, no que respeita aos manuais escolares de 10º ano, só em um dos manuais (M10M) há referências a tal (tabela 8).

Salientam-se, no entanto, alguns manuais escolares que poderão contribuir para que os

alunos entendam que o conhecimento sobre o Átomo é um processo em contínua construção.

Como exemplo, apresentam-se alguns excertos ilustrativos:

“A constituição da matéria é um tema que já intrigava os filósofos da Grécia antiga e que continua a ser investigado pelos cientistas da atualidade. A existência de átomos foi comprovada por observação com microscópios de efeito de túnel [...]. Contudo, os investigadores continuam a estudar a constituição e as características destas partículas.” (M9D, p. 155);

“Será este modelo aceite como válido para sempre? Ou, pelo contrário, ocorrerá uma evolução constante na descrição da constituição da matéria à escala atómica? É óbvio que a comunidade científica continua a investigar no sentido de compreender cada vez melhor a constituição da matéria.” (M9G, p. 147).

“Mas em Ciência, as teorias e os modelos são transitórios. Quando se descobrem novos factos científicos que não podem ser explicados pelos modelos existentes, há que alterar ou substituir a teoria. Assim aconteceu com o modelo atómico de Bohr e assim poderá acontecer daqui a algum tempo com o modelo atómico atualmente admitido.” (M10M, p. 105)

Contudo, nenhum manual faz referência a estudos em curso, nomeadamente no CERN.

Os resultados (tabela 8) mostram que os manuais M9D e M9G registam um maior número de itens considerados nesta análise. O manual M9C desenvolve, de uma forma bastante equitativa, todos os modelos atómicos considerados.

Da análise efetuada, relativamente ao conteúdo histórico relacionado com o Átomo, incluído nos manuais escolares, em termos gerais, não foram encontradas incorreções científicas. No entanto, destacam-se aspetos relacionados com algumas omissões de natureza factual. Assim, um dos manuais (M9A), na apresentação da evolução do Átomo, não faz referência ao modelo de Thomson; a referência ao atomismo grego surge separada da apresentação da evolução dos modelos atómicos no manual M9B; num dos manuais (M9A) a evolução do modelo atómico é apresentada, no texto principal, a partir da experiência de Rutherford, não havendo referências a outros períodos anteriores da história do Átomo; em dois manuais (M9D, M9F) são apresentadas fotografias e dados biográficos só de alguns cientistas, apesar de se referirem, no texto principal, diversos modelos atómicos; a generalidade dos manuais não desenvolve os modelos atómicos de uma forma equitativa; num manual (M9E) são apresentadas dois esquemas repetidos de um modelo atómico, em duas páginas seguidas, um com legenda outro sem legenda.

Em suma, comparando os manuais escolares de 9º e de 10º ano, que foram analisados no âmbito deste estudo, no que respeita ao seu conteúdo histórico sobre o Átomo, encontraram-se alguns aspetos comuns mas, também, algumas diferenças. Assim, verificou-se que em todos os manuais escolares de 9º ano é abordado o atomismo grego, o que não ocorreu nos manuais escolares de 10º ano. Constatou-se, ainda, que na maior parte dos manuais de 9º e de 10º ano são abordados os modelos atómicos de Dalton e de Thomson, e, em todos eles, os modelos

atômicos de Rutherford, de Bohr, assim como o modelo quântico. No entanto, no que respeita aos manuais de 10º ano, verificou-se que em todos se desenvolvem com maior profundidade, os modelos mais recentes do átomo (o modelo de Bohr e o atual modelo quântico), e se salienta a contribuição de cientistas como Planck, Einstein, De Broglie, Schrödinger, Heisenberg ou Dirac para os referidos modelos, ao contrário dos manuais de 9º ano, onde em poucos se refere a contribuição destes cientistas. Este facto estará, certamente, relacionado com o programa da disciplina de FQA, no qual está prevista a leção do modelo mais atual do átomo, sendo um dos seus objetivos “Referir os contributos de vários cientistas e das suas propostas de modelo atómico, para a formalização do modelo atómico atual” (p. 30), conforme referido na secção 1.2.4.

Verificou-se, ainda que, nos manuais de 10º ano, se desenvolvem menos aspetos relacionados com modelos anteriores (atomismo grego, modelo de Thomson e modelo de Rutherford) do que nos de 9º ano e que, nos manuais de 9º ano, as experiências com gases rarefeitos ou as respeitantes à descoberta do eletrão, por Thomson, assim como as experiências sobre difusão de partículas alfa, são mais referidas do que nos de manuais de 10º ano.

Acresce, ainda, que, enquanto que a descoberta do neutrão é mencionada na maioria dos manuais escolares de 9º ano que foram analisados (embora o interior do átomo não seja, em geral, explorado), são poucos os manuais de 10º ano que a mencionam e, por conseguinte, a exploração do interior do átomo também é, em geral, pouco explorada nos manuais deste ano de escolaridade. Dessa forma, a maior parte dos manuais escolares não vão de encontro ao preconizado nos currículos ou programas das disciplinas de CFQ e de FQA, quando estes pretendem que os alunos reconheçam que o conhecimento científico está em desenvolvimento permanente, sendo um conhecimento inacabado.

Nos manuais escolares analisados verificou-se, também, que se faz uma abordagem quantitativa dos assuntos relacionados com a estrutura atómica (distribuições eletrónicas por níveis de energia, no 9º ano; análise quantitativa das transições eletrónicas no átomo de hidrogénio, energias de ionização, no 10º ano, com base no modelo de Bohr) e, ao mesmo tempo se apresenta o modelo da nuvem eletrónica como sendo o modelo atómico mais atual. Conforme já referido (secção 2.4), de acordo com Cardoso (2002a), este tipo de abordagem poderá contribuir para que os alunos apresentem como modelo mental do átomo o modelo de Bohr e não o modelo da nuvem eletrónica. Seria importante, por isso, salientar, conforme referido na secção 2.2, utilizando-se uma linguagem adequada aos alunos, que o modelo de

Bohr continua a ser utilizado em cálculos que não exijam grande precisão, devido ao facto de a região do espaço relativa ao máximo de probabilidade de encontrar o eletrão coincidir com o valor calculado por Bohr para o raio da órbita circular, correspondente ao mesmo valor de n (Silva & Silva, 2009). Salienta-se, a este propósito, um dos manuais de 10º ano (M100) por fazer referência a essa questão, conforme se ilustra no excerto seguinte:

“É importante ter presente que o modelo quântico, apesar de ser bastante diferente dos modelos atómicos precedentes, continuou a ter como pressuposto a quantização da energia eletrónica introduzida por Bohr.” (M100, p. 113)

Importa, ainda, salientar a pouca exploração que é feita, nos manuais escolares analisados, do atomismo grego ou da Ciência grega da Antiguidade. No entanto, conforme já referido (secção 2.4), de acordo com Sakkopoulos & Vitoratos (1996), o estudo da forma como os antigos filósofos chegaram ao conceito de átomo poderá ser útil ao processo de ensino e aprendizagem. Assim, poderá permitir mostrar as ciências como um processo evolutivo, com avanços e recuos, ou, ainda, mostrar como as ideias antigas vão sendo reajustadas em função dos novos dados que vão surgindo. Por outro lado, segundo Chalmers (1998), poderá permitir evidenciar algumas características das ciências contemporâneas, características essas tão diferentes da filosofia da Antiguidade.

4.2.4 Contexto no qual a informação histórica sobre o Átomo é enquadrada

Na tabela 9 apresenta-se o resultado da análise dos manuais escolares selecionados para este estudo, no que respeita ao contexto no qual o conteúdo histórico acerca do Átomo é enquadrado. Conforme atrás referido (secção 3.3.3) registou-se, em cada manual escolar analisado, se a informação histórica acerca do Átomo é apresentada em um ou mais contextos (científico, tecnológico, social, político ou religioso).

Pela análise dos resultados (tabela 9) pode-se verificar que, na generalidade dos manuais escolares, há informação histórica que apresentada num contexto científico (a informação histórica surge relacionada com o conhecimento científico ou matemático disponível ou com a falta desses conhecimentos) e tecnológico da época (o conteúdo histórico é apresentado em relação com a tecnologia da época ou em falta). Só dois dos manuais (M9D e M10L) apresentam algum conteúdo histórico enquadrado num contexto político (a informação histórica surge relacionada com a política da época).

Tabela 9 Contexto no qual a informação histórica sobre o Átomo é enquadrada

Contexto	Manuais escolares 9º ano								Manuais escolares 10º ano							
	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	L	M	N	O	P	Q
Científico	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Tecnológico	x	x	x	x	-	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Social	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Político	-	-	-	x	-	-	-	-	-	-	x	-	-	-	-	-
Religioso	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	x	-	-	-	-	-

Os excertos que se seguem ilustram como a informação histórica incluída na abordagem do Átomo é enquadrada no contexto científico ou tecnológico de uma dada época.

“Os espectros de emissão atómica, além de darem informações sobre a composição e a temperatura das estrelas, também foram o motor de grandes avanços relativamente ao conhecimento humano sobre a estrutura da matéria, obrigando a um passo de gigante na formulação do modelo atómico.” (M10 L, p. 86);

“Durante muito tempo, o átomo não era mais do que uma ideia que a comunidade científica acabou por aceitar, com uma ou outra exceção... Mas ninguém tinha visto um átomo! Porém nos séculos XIX e XX, uma enorme diversidade de experiências sugeria a existência de átomos, tornando a sua aceitação cada vez mais consensual. Hoje em dia, os átomos podem ‘ser vistos’ usando microscópios de varrimento por efeito túnel. [...] portanto, já ninguém duvida da sua realidade.” (M9C, p.134);

“Ao contrário de Aristóteles e Platão, os gregos Demócrito e Leucipo, no século V a.C., acreditavam que a matéria era constituída por pequenas partículas, a que chamavam átomos. A ideia atomista grega, porém, não pode ser considerada uma teoria científica, pois baseava-se numa filosofia vagamente assente nos sentidos. Só mais de 2000 anos após o mundo grego é que as ideias atomistas foram retomadas e enquadradas numa verdadeira metodologia científica, baseada na experimentação.” (M10N, p. 90);

No que respeita ao contexto político, pode-se referir, como exemplo, o seguinte extrato, encontrado num manual de 9º ano, o qual salienta a contribuição de um cientista num projeto político, durante a Segunda Guerra Mundial:

“Chadwick físico inglês, [...] dedicou-se ao estudo do átomo e descobriu o neutrão no núcleo do átomo [...] tornou-se professor de Física na Universidade de Liverpool e, durante a Segunda Guerra Mundial, integrou o projeto Manhattan nos Estados Unidos, desenvolvendo as bombas atómicas lançadas sobre Hiroshima e Nagasaki.” (M9D, p. 212)

Quanto ao contexto religioso (a informação histórica surge relacionada com as crenças religiosas da época), só um dos manuais apresenta algum conteúdo histórico enquadrado nesse mesmo contexto (M10L). O extrato seguinte ilustra um exemplo de um contexto religioso que condicionou a evolução do modelo atómico:

“Na Idade Média as ideias de Aristóteles eram religiosamente e acriticamente aceites. Só com a revolução científica dos séculos XVI e XVII é que apareceram outras ideias de outros filósofos gregos como a matéria ser constituída por átomos.” (M10L, p. 86)

Relativamente ao contexto social (a informação histórica surge relacionada com as condições de vida e com os valores reconhecidos da época), não foi encontrada qualquer referência nos manuais escolares analisados (tabela 9).

Em suma, constata-se que os manuais escolares de 9º ano são muito semelhantes aos de 10º ano no que respeita à forma como a informação histórica incluída na abordagem do Átomo é contextualizada. Os resultados da análise efetuada evidenciam que a evolução do conhecimento do Átomo é apresentada como sendo, de um modo geral, somente condicionada pela tecnologia e pelo saber científico de cada época, e não por fatores sociais, políticos ou religiosos.

No entanto, os Programas e Currículos das disciplinas, conforme se salientou na secção 1.2.3, propõem que se evidenciem, designadamente no ensino básico, influências da sociedade sobre as ciências, através de análises e debates de descobertas científicas, o que não se verifica na generalidade dos manuais analisados. No que respeita ao ensino secundário, no Programa de Física e Química A são apresentadas como finalidades da disciplina “Compreender o papel do conhecimento científico, e da Física e Química, em particular, nas decisões do foro social, político e ambiental” ou “Ponderar argumentos sobre assuntos científicos socialmente controversos” (p. 6 e 7). A não apresentação da informação histórica no contexto social e a escassa apresentação no contexto religioso e político dificulta o alcance das finalidades desta disciplina, pois a análise das influências dos diversos contextos da História das Ciências ajudará a preparar os alunos para compreender as atuais relações das ciências com a sociedade, a política, o ambiente, etc..

No entanto, os resultados da análise de manuais no que respeita ao contexto em que o conteúdo histórico incluído na abordagem do Átomo é apresentado eram de esperar pois são semelhantes aos obtidos por outros autores que analisaram o conteúdo histórico em manuais escolares (ex: Leite, 2002; Amorim, 2009; Ternes, Scheid & Güllich, 2009; Vidal, 2009).

4.2.5 Atividades de aprendizagem relacionadas com a história do Átomo

O número de atividades propostas nos manuais escolares de 9º ano varia entre uma atividade e quatro atividades por manual e, no que respeita aos manuais escolares de 10º ano, o número de atividades propostas varia entre uma atividade e cinco atividades por manual. As exceções são o manual M9C e o manual M10Q os quais não apresentam qualquer atividade relacionada com a história do Átomo (tabela 10). No entanto, no caso do manual M9C, conforme

se referiu em secções anteriores, relativamente aos manuais de 9º ano analisados, é o que apresenta um maior número de descrições de descobertas científicas, da ‘evolução real’ dos acontecimentos e de desenvolver de forma equitativa todos os modelos atómicos apresentados.

Através da análise da tabela 10 constata-se que, nos manuais escolares de 9º ano, as atividades de aprendizagem relacionadas com a história do Átomo são, maioritariamente, do tipo ‘Atividades livres’, dirigidas a alunos voluntários, sendo apresentadas em páginas distintas das do texto do manual propriamente dito, nomeadamente, no final de uma unidade temática, ou no final do manual.

Tabela 10 Atividades de aprendizagem relacionadas com a história do Átomo (f)

Aspetos considerados	Aspetos específicos	Manuais escolares 9º ano								Manuais escolares 10º ano							
		A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	L	M	N	O	P	Q
Estatuto das atividades	Atividades obrigatórias	1	1	-	1	-	2	2	-	2	1	2	3	1	1	1	-
	Atividades livres	1	2	-	2	1	2	1	1	-	-	1	-	4	-	1	-
Nível das atividades	Normal	2	1	-	2	1	4	3	-	1	1	2	3	5	-	-	-
	Aprofundamento/Avançado	-	2	-	1	-	-	-	1	1	-	1	-	-	1	2	-
Tipos de atividades	Leituras guiadas	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Investigação bibliográfica	-	1	-	-	-	-	-	-	2	-	-	-	-	1	1	-
	Análise de dados históricos	2	1	-	2	1	2	3	-	-	1	3	3	4	-	-	-
	Realização de experiências históricas	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Análise de experiências históricas	-	-	-	-	-	2	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-
	Outros	-	1	-	1	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	1	-

Pelo contrário, nos manuais escolares de 10º ano, as atividades são, maioritariamente, do tipo ‘Atividades obrigatórias’, que parecem dever ser realizadas por todos os alunos, surgindo no corpo do texto, nas mesmas páginas onde se encontra a descrição da evolução dos modelos atómicos.

A análise da tabela 10 permite ainda constatar que as atividades incluídas nos manuais escolares de 9º ano apresentam, maioritariamente, um nível de aprofundamento ‘Normal’ (que não incluem qualquer referência ao grau de dificuldade das atividades) e que as atividades do tipo ‘Aprofundamento/Avançado’ (que explicitamente se destinam a promover aprendizagens adicionais, ou que são apresentadas à parte do texto principal) são pouco frequentes nos manuais de 9º ano. No que respeita aos manuais de 10º ano, verifica-se uma maior proximidade

entre os dois tipos de atividade ('Normal' e 'Aprofundamento/Avançado').

Analisando a mesma tabela verifica-se que, quanto ao tipo de atividades, os manuais escolares quer de 9º ano quer de 10º ano, na generalidade, privilegiam a 'Análise de dados históricos' (como sejam, a análise de dados com base em descrições de modelos atômicos, de figuras representativas de modelos atômicos ou de descobertas) e que em nenhum deles se apresentam atividades do tipo 'Leituras guiadas' (questões sobre um texto histórico) ou 'Realização de experiências históricas' (repetição de uma experiência realizada por um cientista).

Para os manuais de 9º ano, verificou-se, da análise efetuada, que as atividades do tipo 'Análise de dados históricos' incluíam a análise de pequenos textos (M9A), questões de associação entre cientistas e modelos atômicos ou entre figuras ou tópicos com determinada informação (M9A, M9B, M9D, M9F e M9G), elaboração de textos (M9A e M9E) ou textos para completar (M9G). Para os manuais de 10º ano, verificou-se que, no que respeita à análise de dados históricos, esta incluía a análise de dados com base: em figuras representativas de modelos atômicos (M10N e M10O); em textos (M10L); nas características pessoais de cientistas (M10N); na associação entre o nome de um cientista e um modelo atômico (M10N); na associação entre o nome de um cientista, um modelo atômico e uma data (M10N); na associação entre modelos atômicos e a ordem cronológica pela qual foram surgindo (M10J); na associação entre modelos atômicos e características de cada um (M10L, M10M); ou sobre um dado modelo atômico (M10M).

Os excertos que se seguem ilustram alguns exemplos de atividades do tipo 'Análise de dados históricos' encontrados nos manuais escolares analisados. Em um dos manuais (M9A) inclui-se uma atividade que envolve a análise de um pequeno texto, em outro (M9B) é apresentada uma atividade que envolve questões de associação entre cientistas e modelos atômicos, e num terceiro inclui-se uma atividade de associação entre modelos atômicos e a ordem cronológica pela qual foram surgindo (M10J).

"Lê, com atenção, o texto que se segue.

O electrão foi descoberto por Joseph John Thomson em 1906. Ernest Rutherford descobriu que a carga eléctrica positiva do núcleo era devida a outras partículas constituintes do átomo. Em 1932, J. Chadwick descobriu outra partícula existente nos átomos.

- a) Quais são as partículas referidas por Ernest Rutherford e por J. Chadwick?
- b) Caracteriza essas partículas quanto à sua massa e à sua carga eléctrica." (M9A, p. 69);

"Consulta as páginas 184 e 185 e indica o nome do cientista a quem se deve(m):

A – O primeiro modelo atômico.

B – A descoberta do electrão.

- C – A descoberta do próton.
- D – A descoberta do neutrão.
- E – O modelo do “pudim de passas”.
- F – O modelo nuclear.
- G – Os níveis de energia.” (M9B, p. 186);

“Considere os seguintes modelos atômicos:

- (A) Modelo de Bohr;
- (B) Modelo de Dalton;
- (C) Modelo de Thomson;
- (D) Modelo da nuvem eletrônica;
- (E) Modelo de Rutherford.

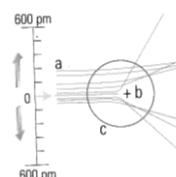
A ordem cronológica pela qual os modelos atômicos foram surgindo é...

- B, E, C, A, D
- A, B, C, D, E
- C, D, B, E, A
- B, C, E, A, D
- E, C, A, B, D” (M10J, p. 65).

Constata-se ainda (tabela 10) que só um dos manuais escolares de 9º ano (M9F) e outro de 10º ano (M10N) apresenta atividades do tipo ‘Análise de experiências históricas’ (ou seja, propõe a análise de experiências realizadas por um cientista), apesar de muitos deles apresentarem a descrição de experiências históricas (conforme se referiu nas secções 4.2.1.2 e 4.2.1.3). Também só um dos manuais escolares de 9º ano (M9B) e três de 10º ano (M10I, M10O e M10P) apresentam atividades do tipo ‘Investigação bibliográfica’ (ou seja, propõem a procura de informação ou a escrita de um ensaio). Da análise efetuada verificou-se que as atividades do tipo ‘Análise de experiências históricas’ relacionavam-se com a experiência de Rutherford (M9F e M10N). As atividades do tipo ‘Investigação bibliográfica’ incluíram a procura de informação e elaboração de um poster com a história da evolução do modelo atômico até aos nossos dias (M9B), a procura de informação sobre Prémios Nobel da Química (M10I), a procura de informação, em grupo, sobre a evolução do modelo atômico e respetiva apresentação à turma (M10O) e a procura de informação sobre a evolução dos modelos atômicos (M10I e M10P).

Nos excertos seguintes apresentam-se três atividades incluídas nos manuais analisados: uma atividade do tipo ‘Análise de experiências históricas’ (manual M9F) e outras três do tipo ‘Investigação bibliográfica’ (manuais M9B, M10I e M10P):

“Rutherford realizou várias experiências que contribuíram para a mudança do modelo atômico. A Fig. 3.124 representa uma simulação computacional da mais famosa das experiências de Rutherford. Finíssimas lâminas de ouro são bombardeadas com partículas α . O desvio de algumas dessas partículas é mostrado na simulação computacional apresentada. Legenda a figura.” (M9F, p. 234);



“Actualmente aceita-se que todos os átomos têm a mesma estrutura básica: um núcleo central (positivo) e muito pequeno, rodeado de partículas negativas, os electrões, que giram a grande velocidade à sua volta. Contudo, nem sempre se pensou assim. Na Grécia Antiga, Demócrito defendia que toda a matéria era constituída por partículas indivisíveis e de dimensões muito reduzidas, a que chamou átomos. Desde esse tempo até aos nossos dias, surgiram diversos modelos atómicos.

- Depois de leres com atenção as páginas 184 e 185 do teu manual, onde se apresenta um pouco da evolução da estrutura atómica, pesquisa em livros e na internet mais informação.
- Organiza essa informação e, juntamente com os teus colegas, prepara um póster com a história da evolução do modelo atómico até aos nossos dias.
- Depois de mostrares ao teu professor, afixa-o no local onde ele te indicar.” (M9B, p. 199);

“Actividades práticas de sala de aula - Modelos atómicos e sua evolução: Utilizando ainda um motor de busca, sob a designação *atomic models*, pode consultar-se www.colorado.edu/physics/2000/applets/schrodinger.html (Schrodinger and Bohr Atomic Models) e o item “Atomic Physics 101: Models of the atom”.[...]” (M10I, p. 87).

“Actividades práticas de sala de aula – Efectue uma pesquisa documental sobre modelos atómicos e sua evolução.” (M10P, p. 133).

Na especificação ‘Outros’ encontraram-se atividades que incluíam a construção de modelos atómicos em plasticina (M9B e M9H), uma proposta de discussão em aula das descobertas de cientistas (M9D) e a escrita de um texto sobre a contribuição dos modelos atómicos propostos por vários cientistas para a formalização do modelo atómico atual (M10P).

Os excertos que se seguem ilustram alguns exemplos de atividades do tipo ‘Outros’ que se encontraram nos manuais escolares.

“... Trocar ideias – Discute com os teus colegas da turma a importância destes e de outros cientistas. Nota que, além do próprio desenvolvimento do conhecimento, há um impacto tecnológico associado às descobertas científicas que tem consequências em diferentes áreas da vida.” (M9D, p. 213);

Em suma, pode-se verificar, pela análise dos manuais escolares de 9º ano e de 10º ano analisados que as atividades relacionadas com a história do Átomo são, na generalidade, pouco frequentes e que, variando, em número, entre uma e quatro, nos manuais de 9º ano, e entre uma e cinco, nos manuais de 10º ano, são, maioritariamente, do tipo ‘análises de dados históricos’. No entanto, conforme referido (secção 1.2.3), apesar de ser apresentada, no programa da disciplina de Física e Química A, como sugestão metodológica, a pesquisa documental sobre modelos atómicos e sua evolução, só três manuais o fazem. A realização de experiências históricas também não é proposta em nenhum dos manuais escolares. Essas mesmas experiências poderão ser utilizadas, por exemplo, como já mencionado (secção 2.4), para os alunos, ao tomarem contacto com experiências e resultados experimentais clássicos, se aperceberem das limitações do modelo de Bohr e para tomarem consciência que, também, o modelo da nuvem eletrónica, embora sendo o modelo atómico mais atual, faz uma abordagem quantitativa dos assuntos, baseada no modelo de Bohr (Cardoso, 2002a).

O facto de as atividades relacionadas com o conteúdo histórico acerca do Átomo serem pouco frequentes nos manuais escolares, quer de 9º ano quer de 10º ano, não contribui para os alunos (ou mesmo os professores) darem a devida importância à História das Ciências, não fazendo com que se reflita, se pare um pouco sobre os assuntos históricos ou se faça a releitura de páginas do manual que incluem conteúdo histórico.

4.2.6 Bibliografia de História das Ciências e/ou do Átomo incluída nos manuais analisados

Na tabela 11 apresenta-se o resultado da análise dos manuais escolares selecionados para este estudo, no que respeita à informação que incluem relativa a bibliografia de História das Ciências.

Tabela 11 Bibliografia de História das Ciências e/ou do Átomo nos manuais escolares

Aspetos considerados	Manuais escolares 9º ano								Manuais escolares 10º ano							
	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	L	M	N	O	P	Q
Livros de História das Ciências	x	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Livros de Ciências com informação histórica	x	-	-	-	-	-	x	x	-	x	x	-	-	x	x	-
Sítios da Internet	-	-	-	-	-	x	-	x	-	x	-	-	-	-	-	-

Relativamente aos manuais escolares analisados, constata-se (tabela 11) que os respetivos autores não privilegiam a bibliografia de História das Ciências nem a da história do Átomo. Destacam-se, no entanto, um manual (M9A) que apresenta, para consulta, sugestões de livros de História das Ciências ou outros manuais (M9G, M9H, M10J, M10L, M10 J, M10L, M10O e M10P) que apresentam, como sugestão, livros de Ciências com informação histórica. Destacam-se, ainda, alguns manuais (M9F, M9H e M10J) que propõem sítios da Internet para se explorar.

Da análise efetuada aos manuais selecionados para este estudo constatou-se, ainda, que a 'Bibliografia de História das Ciências' é apresentada numa parte do livro (M9A, M9H) ou no final do livro (M9G). Um dos manuais escolares (M9A) sugere artigos de revistas versando temas relacionados com a História das Ciências. Relativamente aos 'Sítios da Internet' propostos nos manuais escolares analisados, um dos manuais apresenta um portal de ciência e *sites* específicos da editora respetiva (M9F).

Em suma, a análise efetuada permite constatar que nos manuais escolares analisados a

bibliografia relacionada com a História das Ciências é escassa. Estes resultados vêm, também, de encontro aos evidenciados em outros estudos (ex: Leite, 2002; Amorim, 2009) e sugerem que os manuais escolares pouco contribuem para que os alunos aprofundem melhor como os conhecimentos sobre as ciências vão evoluindo ao longo dos tempos.

4.3 Opiniões dos autores de manuais escolares sobre a abordagem da história do Átomo nos manuais escolares

4.3.1 Concepções e prática de elaboração de manuais escolares dos autores

No que respeita ao papel atribuído pelos entrevistados ao manual escolar no processo de ensino e aprendizagem, verifica-se (tabela 12) que todos lhe conferem bastante importância, considerando-o um instrumento de trabalho para o aluno, indispensável para o trabalho na aula, e capaz de fornecer as bases para o sucesso:

“O manual escolar acho que deve ser um instrumento de trabalho para o aluno, que o professor deve usar o mais possível na aula, que o deve trabalhar com o aluno e ensinar o aluno a trabalhar, porque ele cada vez tem mais dificuldades de interpretar, de ler, preguiça, de tudo, e portanto nós temos que o ensinar a estudar [...]” (A9B);

“[...] mas o manual para mim é pensado e dirigido aos alunos, portanto, como um complemento de estudo [...] normalmente como um complemento que pode funcionar muito bem em casa, para complementar aquilo que o professor esteve a ensinar, para aplicar determinados conhecimentos, para uma leitura mais aprofundada de algumas temáticas, portanto, essencialmente, como um complemento de instrumento de trabalho para os alunos.” (A9F);

“Eu considero uma ferramenta absolutamente indispensável. Eu não concebo a aula sem o aluno ter o manual. E muito menos agora, com as novas tecnologias, quadros eletrónicos, por exemplo, em que é possível partir do manual virtual, projetar imagens [...]” (B10J);

Tabela 12 Funções atribuídas ao manual escolar

O manual escolar é um instrumento	Autores			
	A9B	A9F	B10J	B10N
de trabalho para o aluno	x	x	x	x
de trabalho indispensável na aula, fornecendo as bases para o sucesso	x	x	x	x
útil e importante, tendo hoje um papel mais aberto do que outrora	-	-	x	x

Para um dos autores (B10N), o manual escolar foi considerado útil e importante, apesar de ter sido referido ter hoje um papel mais aberto do que outrora.

No que respeita às dificuldades sentidas pelos entrevistados na elaboração de manuais escolares, verifica-se (tabela 13) que todos os autores entrevistados apontaram

constrangimentos à escrita dos respetivos manuais, os quais se prendem com diferentes razões.

Tabela 13 Dificuldades sentidas na elaboração dos manuais escolares

Necessidade de...	Autores			
	A9B	A9F	B10J	B10N
ir ao encontro do que os professores procuram	X	-	-	-
ir ao encontro das expetativas das editoras no que respeita a vendas	X	-	X	-
se cumprir com o número de páginas estipulado pelas editoras	-	-	X	-
negociação de algumas ideias com os membros da-equipa de autores	-	X	-	-
respeitar os programas	-	-	-	X

Assim, um autor (A9B) referiu que um dos constrangimentos que sente no processo de elaboração de manuais escolares tem a ver com a necessidade de conciliar o que os professores procuram para as suas aulas, com o facto de nem todos estarem preparados para implementar as orientações curriculares, por isso rejeitarem manuais que as seguem. Este facto, aliado à necessidade que as editoras têm de manter um bom volume de vendas, por vezes, limita as opções dos autores no que respeita à forma de abordar os assuntos, impedindo-os de ser tão inovadores como as orientações curriculares exigiriam. O excerto seguinte ilustra o exposto.

“ [...] tenho que ir ao encontro do que os professores procuram para desenvolver o seu trabalho. Se eu vejo que eles estão a optar por outro tipo de manual, tenho que ver o que é que o meu, os defeitos do meu, ou não defeitos, mas a postura que os professores têm nas suas aulas.[...] por trás tenho uma editora que também quer inverter um bocadinho essa alteração que houve nas vendas, *a posteriori*, porque, efetivamente, sente que as pessoas não estão preparadas para trabalhar de acordo com as orientações curriculares.” (A9B).

Dois outros autores (A9B e B10J) mencionaram a necessidade de ir ao encontro das expetativas das editoras no que respeita às vendas e (B10J) referiu a necessidade de respeitar o espaço que as editoras disponibilizam para abordar um determinado tema. O excerto seguinte exemplifica o exposto:

“Não é nada fácil pôr-se tudo o que se quer, porque o manual, antes de mais, obedece mais a um projeto que é da editora. A editora pergunta quantas páginas pensa que poderá ter, e faz um negócio, tem as suas razões, as editoras existem para servir os alunos, mas antes de mais para servir-se como empresas, para ganhar dinheiro.” (B10J).

Foi ainda apontada a necessidade de haver algum ajuste de pontos de vista devido ao facto de haver trabalho em equipa (A9F) e, também, a obrigatoriedade de seguir estritamente programas (B10N) em que a estrutura conceptual dos assuntos a abordar se encontra um pouco dispersa e/ou explícita. Os excertos seguintes ilustram o referido:

“[...] pronto, no nosso caso nós somos uma equipa grande, nós somos seis autores, e, portanto, há

sempre aqui uma negociação de algumas ideias, que, enfim, às vezes não são iguais, as perspectivas não são as mesmas em tudo [...].” (A9F);

“Reconheço que às vezes a estrutura conceptual está um pouco dispersa e porque quando fazemos o livro temos de ser reféns do programa, o que por um lado é uma ajuda mas também uma limitação, às vezes algum tipo de conceitos que eu não consegui arrumar ou dar algum contributo para arrumar suficientemente, por causa desse filão curricular que estava essencialmente baseado no contexto e nas temáticas mais CTS, mais do que eventualmente nos conceitos.”(B10N).

Em síntese, no que respeita ao papel atribuído pelos entrevistados ao manual escolar no processo de ensino e aprendizagem, os resultados evidenciam que todos lhe conferem bastante importância, considerando-o quer indispensável para o trabalho na aula quer para o trabalho extra aula do aluno. Também conforme já referido anteriormente na secção 1.2.5, de acordo com diversos autores (Pereira & Duarte, 1998; Brigas, 1997; Martínez Losada *et al.*, 1999; Martins, 2002), a maioria dos professores orienta o seu ensino tendo por base o manual escolar, o que torna este um suporte básico e fundamental para organizar as aprendizagens dos alunos.

No entanto, os autores entrevistados apontaram alguns constrangimentos que se fazem sentir no processo da elaboração manuais escolares. Estes relacionam-se, no essencial, com a necessidade que as editoras têm de manter um bom volume de vendas, facto esse condicionado, também, com o ter de se ir ao encontro do que os professores procuram para as suas aulas, o que acaba por limitar as opções dos autores no que respeita à forma de abordar os assuntos. Por outro lado, o número de páginas estipulado pelas editoras para a abordagem dos assuntos históricos e a necessidade de se cumprirem os programas foram outras das limitações apontadas pelos autores. Assim, o processo de elaboração de um manual escolar parece estar sempre relacionado com o próprio processo de seleção dos manuais escolares pelos professores, e, conforme referido da secção 1.2.5, apesar de a seleção do manual a adotar se basear num conjunto de critérios de apreciação de manuais, definidos pelo Ministério da Educação, anualmente, através da Direção Geral de Inovação e Desenvolvimento Curricular, este tipo critérios pode conduzir a interpretações diversas (Duarte,1999), sendo reduzida a formação dada aos professores, que inclua informação relevante para o processo de análise e seleção de manuais escolares (Brigas, 1997).

4.3.2 Importância atribuída pelos autores à História das Ciências no ensino das ciências

Na tabela 14 apresentam-se as opiniões dos entrevistados acerca dos benefícios que, segundo eles, resultam da inclusão da História das Ciências no ensino das ciências.

Os resultados obtidos revelam que todos os autores entrevistados, quer do 9º ano quer do 10º ano, indicam benefícios que, em sua opinião, resultam da inclusão da História das Ciências no ensino das ciências. Nesse âmbito, todos os autores entrevistados reconhecem que a utilização de conteúdo histórico permite dar a ideia da evolução e da natureza das ciências. Os excertos seguintes são exemplos que o ilustram:

“[...] agora é preciso que eles entendam bem que a ciência está sempre em evolução, portanto, que eles apreendam bem o que nós hoje estamos a conversar com eles não foi sempre assim, que noutros tempos não havia a tecnologia que hoje temos, os meios que temos, e que não se conheciam tantos elementos, como era o átomo, até se existia átomo, portanto, alguma História temos que abordar e devemos, e é bom que eles percebam bem isso.” (A9B);

“[...] eu, como autora, ou como professora de Físico-Química, essencialmente acho que sim, acho que ela tem interesse, não uma História onde só se põem nomes, senhores, datas e assim tópicos desgarrados, mas contextualizada com os conteúdos, e acho que sim, dá ideia da evolução e da própria natureza da ciência que acho que é importante que os alunos percebam.” (A9F).

Tabela 14 Benefícios da inclusão da História das Ciências no ensino das ciências

A inclusão da HC...	Autores			
	A9B	A9F	B10J	B10N
permite perceber as dificuldades que os alunos têm em alguns conteúdos (conceções alternativas)	-	x	-	-
ajuda a fomentar uma ideia mais positiva das ciências	-	x	-	-
dá ideia da evolução e da própria natureza das ciências	x	x	x	x
evidencia a perspetiva CTSA	-	x	x	-
permite integrar os conceitos na sociedade no tempo em que foram criados	-	-	x	x
pode ser um elemento de motivação para o ensino das ciências	-	-	-	x

A ideia que a História das Ciências permite evidenciar as inter-relações entre as ciências, a tecnologia, a sociedade e o ambiente é referida por dois dos autores entrevistados (A9F e B10J). A inclusão de conteúdo histórico ajuda, ainda, a perceber as dificuldades que os alunos têm em alguns conteúdos (A9F) e a fomentar uma ideia mais positiva da ciência (A9F). Pode ser um elemento de motivação para o ensino das ciências (B10N) ou permitir integrar os conceitos, em termos da sociedade, no tempo em que foram criados (B10J e B10N). Os excertos seguintes são exemplos que ilustram estas ideias:

“A História das Ciências pode levar-nos a perceber as dificuldades que os alunos têm em alguns conteúdos, por exemplo, as conceções alternativas ou as ideias erróneas que eles têm, [...], o que muitas vezes acontece é que essas dificuldades que os alunos têm muitas vezes coincidem com as dificuldades que os cientistas, neste caso, por exemplo, na história do Átomo, tiveram no passado, portanto há aí uma coincidência. Portanto, [...] se nós tivermos noção dessas dificuldades e dessas conceções menos corretas que eles têm, podemos também, de alguma forma, construir estratégias,

metodologias, para tentar suprimir essas dificuldades.” (A9F);

“A História, ao ser introduzida, ajudar a fomentar uma ideia mais positiva da ciência, até porque há quem poderá ter a ideia mais negativa, até porque há momentos históricos que não foram propriamente muito interessantes, naturalmente [...]” (A9F);

“[...]é importante estarmos conscientes e fazermos ancoragens e identidades pela história que temos na aprendizagem da ciência, isso é importante, os conceitos não aparecerem desgarrados e perceber-se a sua história, sendo até, a história, ou podendo ser, até um elemento adicional de motivação para o ensino das ciências.” (B10N);

“[...] a referência aos dados históricos é relevante, é importante, em termos de ensino, para formar cidadãos que não só saibam ciência mas saibam também integrá-la no contexto socioeconómico em que ela aconteceu e em que nós vivemos.” (B10N)

Na tabela 15 apresentam-se as opiniões dos entrevistados sobre as atitudes dos alunos perante os conteúdos históricos inseridos nos manuais.

Tabela 15 Reações dos alunos perante os conteúdos históricos

Os alunos		Autores			
		A9B	A9F	B10J	B10N
do ensino básico	precisam de ser incentivados, por exemplo, através de um trabalho	-	x	-	-
	não têm paciência e não estão preparados para ler textos densos sobre a História das Ciências	x	-	-	-
do ensino secundário	já debatem os assuntos, têm mais maturidade, pelo que se interessam mais	x	x	-	-
	não se interessam pelo que não sai no exame	-	-	-	x
qualquer que seja o nível de ensino	tendem a secundarizar a HC	-	-	-	x
	não captam a mensagem se o conteúdo histórico for apresentado como uma série de factos sem interesse	-	-	x	-

A análise dos dados obtidos mostra que existe diversidade de opiniões entre os autores. Assim, relativamente aos autores de manuais de 10º ano entrevistados, um autor (B10N) considera que os alunos, no geral, tendem a secundarizar os conteúdos históricos, outro (B10J), na mesma linha, refere que os alunos não captam os conteúdos históricos, se os mesmos forem apresentados como uma série de factos, que pouco dizem aos alunos. Para estes autores, dado o pouco interesse manifestado pelos alunos perante os conteúdos históricos, torna-se importante o papel do professor na aula. Os excertos seguintes ilustram o exposto:

“Está nas mãos do professor centralizar isso, por exemplo, incluindo conteúdos relativos à História das Ciências nos seus testes, quer criando, por exemplo, atividades que possam motivar um pouco,

relacionadas com a História da Química.” (B10N);

“ [...] o professor tem que ser à partida um bom contador de histórias e tem que vibrar com aquilo que diz, ele próprio tem que sentir o interesse daquilo que está a transmitir e tem de fazer uma história.” (B10J).

Os autores de manuais de 9º ano (A9B e A9F) consideram que os alunos do ensino secundário, pela sua maturidade, reagem mais positivamente aos conteúdos históricos, ao invés de os alunos do ensino básico. No entanto, outro autor (B10N) considera que os alunos do ensino secundário poderiam, à partida, mostrar maior interesse pelos conteúdos históricos, mas que estão mais preocupados com o exame que terão de realizar.

No que respeita aos alunos do ensino básico, os autores de manuais do 9º ano (A9B e A9F) referiram que os mesmos se interessam pouco pelos conteúdos históricos, por não terem paciência nem estarem preparados para ler textos densos sobre a História das Ciências (A9B), precisando de ser incentivados, por exemplo, através de propostas de realização de trabalhos (A9F). Os excertos seguintes ilustram o referido:

“Infelizmente os alunos não têm paciência, não estão preparados a ler, se nós temos um conjunto de informação científica fazendo parte dos conteúdos que querem que eles apreendam, se pomos muito texto, eles desligam, portanto, um bocadinho de História, tudo bem, mas temos que ir muito diretos, cada vez mais diretos aquilo que queremos que eles leiam para eles não desligarem.” (A9B);

“No básico, a ideia que eu tenho é que se o professor não esmiuçar um bocadinho mais, não incentivar, não propuser um trabalho, se calhar, paralelo, com esta questão mais histórica, às tantas isto passa mais, isto não sai para o teste, e vira a página e, eventualmente, não leem.” (A9C).

Na tabela 16 apresentam-se as opiniões dos entrevistados sobre como deve ser utilizada a História das Ciências no ensino das ciências.

Tabela 16 Como deve ser usada a História das Ciências no ensino das ciências

A HC deve ser usada...		Autores			
		A9B	A9F	B10J	B10N
Com a finalidade de...	contextualizar o que a ciência foi	x	-	-	-
	explorar e discutir experiências que foram feitas no passado	-	x	-	-
	transmitir a ideia da evolução	-	x	-	-
Com recurso a ...	Filmes, vídeos, peças de teatro, internet...	-	-	-	-
Não explicitam como		-	-	-	x

Alguns autores direcionaram as suas respostas em termos da finalidade do uso da História das Ciências. Assim, um dos autores (A9B) referiu a finalidade de contextualizar as ciências

numa dada época, outro autor (A9F) mencionou a possibilidade de se explorar e discutir experiências que foram realizadas no passado e ainda de transmitir a ideia de evolução do conhecimento científico.

No que respeita aos autores de manuais de 10º, um autor (B10J) referiu a utilização de filmes, peças de teatro, vídeos, internet, mas sempre como um suporte que o professor poderá usar. O excerto seguinte ilustra esta opinião:

“ [...] o suporte é muito importante, mas nunca como o único meio, o professor deve complementar com uma discussão, ou então, por exemplo, apresentar o filme e depois ter um guião de perguntas [...].” (B10J)

Outro autor (B10N), referiu que a História das Ciências não deve ser negligenciada, sendo importante dar-lhe prioridade. O excerto seguinte ilustra o exposto:

“De facto, não a negligenciando, dando-lhe prioridade, também não maçando com isso, mas fazendo referência, não negligenciando, isso é um aspeto importante.” (B10N)

Na tabela 17 apresentam-se as opiniões dos entrevistados sobre os cuidados a ter aquando da utilização da História das Ciências no ensino das ciências.

Tabela 17 Cuidados a ter com a utilização da História das Ciências no ensino das ciências

É importante...	Autores			
	A9B	A9F	B10J	B10N
utilizar fontes fiáveis para procurar informação histórica	x	-	-	-
enquadrar os acontecimentos históricos, nos contextos em que as ciências se desenrolavam em cada época	-	x	x	x
não idolatrar os cientistas e reforçar o contexto de outros que estavam por trás e apoiaram	-	x	-	-
fazer ver que os modelos do passado eram transitórios, tinham fragilidades	-	x	-	x

Também, a este propósito, as opiniões dos autores são diversas. No entanto, três (A9F, B10N, B10J) dos quatro autores entrevistados referiram ser importante enquadrar os acontecimentos históricos nos contextos de cada época, como se ilustra de seguida:

“Sim, sim, porque, lá está, se a História das Ciências for vendida assim aos alunos sem um enquadramento, sem uma explicação, eles podem ficar com a ideia distorcida disto tudo. Por exemplo, idolatrar esta gente e achar que eles foram magníficos, foram, obviamente, mas na escala e no contexto de outros que estavam por trás e apoiaram.” (A9F);

“[...] o enumerar dos factos, Chadwick fez isto e aquilo, o Rutherford fez assim e assim e nós não percebíamos nada daquilo, nem o contexto do que estava a acontecer na ciência naquela altura e porque é que as coisas evoluíram tão depressa naquela altura e antes eram tão lentas, e porque é que

aquilo foram marcos extraordinários no avanço da ciência [...]” (B10J);

“[...] noutros casos também perceber aos alunos que historicamente também existia genialidade, mesmo que se construíssem conceitos que são para nós aberrantes agora, eles eram geniais e espetaculares para a altura e para os recursos experimentais e de conhecimento que existiam.” (B10N).

Os autores salientaram ainda ser importante utilizar fontes fiáveis quando se elaboram manuais escolares (A9B), não idolatrar os cientistas, fazendo sempre referência ao trabalho em conjunto (A9F) ou mostrar que, por exemplo, os modelos atômicos do passado tinham fragilidades (A9F, B10N). Os excertos seguintes ilustram estas opiniões:

“Eu, pessoalmente, talvez a maior parte dos professores, pega num livro ou noutro e lê excertos relacionados com cientistas, atividades que desenvolveram, etc.. Eu tenho que me acreditar nos livros científicos, parto do princípio que a informação que lá está é rigorosa, mas a verdade é que são livros científicos, quer dizer, mais específicos, de Física, de Química, de Astronomia, não são livros de História [...]” (A9B);

“Sim, sim, porque, lá está, se ela for vendida assim aos alunos sem um enquadramento, sem uma explicação, eles podem ficar com a ideia um bocadinho distorcida disto tudo. Por exemplo, idolatrar esta gente e achar que eles foram magníficos, foram, obviamente, mas na escala e no contexto de outros que estavam por trás e apoiaram.” (A9F);

“E depois, os modelos, eu acho que é sempre um ponto forte e fraco da ciência, porque nós na ciência, na Química, na Física, em qualquer outra área, nós nunca temos acesso às coisas como elas são na realidade, nós tentamos usar modelos para representar essa mesma realidade e é importante realmente esmiuçar isto com os alunos [...]” (A9F);

“Sim, normalmente temos de ter muito cuidado, não vão os alunos confundir, perceber que se está a falar de HC e, por exemplo, ao falarmos do modelo planetário de Rutherford, é muito bom vincar, sublinhar que foi um modelo importante mas transitório e que aquilo que se conhece hoje, concretamente em relação a esta temática, não implica que os eletrões tenham trajetórias, etc., portanto, chamando a atenção das fragilidades disso.” (B10N).

Em suma, os dados obtidos nas entrevistas realizadas permitem verificar que os autores selecionados para este estudo consideram que a utilização da História das Ciências no ensino das ciências tem um papel bastante importante, apesar de esta posição não ser assumida com a mesma convicção por todos os autores. Conforme referido anteriormente (secção 2.6), Baptista (2006) entrevistou autores de manuais escolares de Ciências da Natureza, tendo constatado que, apesar de os autores reconhecerem e atribuírem importância à História das Ciências, consideram-na, no entanto, complementar e opcional no ensino das ciências.

Os benefícios que, segundo os entrevistados, resultam da inclusão da HC no ensino das ciências, vão, no geral, de encontro às atuais perspetivas da Educação em Ciências, nomeadamente no que respeita ao desenvolvimento da literacia científica dos alunos, a qual inclui a dimensão da natureza das ciências para a qual, na perspetiva de Gagliardi, 1988; Sequeira & Leite, 1988; Leite, 1986; Neto & Valente, 1991; Kauffman, 1991; Matthews, 1994;

Bybee, 1997; Hernandez & Prieto, 2000; Mintzes, Wandersee & Novak, 2000; Wandersee & Roach, 2000; Gil, Solbes, & Vilches, 2001; Erduran & Scerri, 2002; Leite, 2002; Wang & Cox-Petersen, 2002; Esteban, 2003; Duarte, 2004; Ribeiro-Claro *et al.*, 2004; Manlok-Naamam *et al.*, 2005; Domingues & Duarte, 2008; Hodson, 2008; Reis & Galvão, 2008; Scheffel, Brockmeier & Parchmann, 2009, pode ser promovida pela utilização da História das Ciências.

No geral, todos os entrevistados concordam que a motivação dos alunos para os assuntos históricos nem sempre é a melhor e que, por isso, precisam de ser incentivados, sendo, a este propósito, o papel do professor fundamental. Os autores consideram que a História das Ciências no ensino não deve ser negligenciada, referindo, no entanto, algumas precauções quando aí é utilizada, as quais se prendem, no essencial com a forma como é apresentada: não se deve resumir a um enumerar de factos sendo fundamental explorarem-se sempre os contextos em que os mesmos se desenrolaram. Nesse sentido, conforme referido anteriormente (secção 2.4), vários autores sugerem propostas de utilização da História das Ciências e/ou da História do Átomo na Educação em Ciências, as quais podem constituir-se como um meio para aumentar a motivação dos alunos para os conteúdos históricos, e, também, de enquadrar a informação histórica em diversos contextos (Sánchez Ron, 1988; Neto & Valente, 1991; Sakkopoulos & Vitoratos, 1996; Hernandez & Prieto, 2000; Nussbaum, 2000; Wandersee & Roach, 2000; Cardoso, 2002a; Esteban, 2003; Alvarez, 2005; Scheffel, Brockmeier & Parchmann, 2009; Lühl, 1992; Chalmers, 1998; Viana & Porto, 2009).

4.3.3 Razões para a inclusão (ou não) da história do Átomo nos manuais escolares

Para a seleção do conteúdo histórico sobre o Átomo a incluir nos respetivos manuais, todos os autores entrevistados afirmaram ter preocupações científicas e didáticas (tabela 18). Estas preocupações traduzem-se na procura de bibliografia credível da especialidade (A9F, B10J, B10N) e respeito pelas fontes (B10N), na pesquisa de informação específica na internet (A9B, B10J), ou no apoio de revisores científicos (A9B). A experiência própria, adquirida ao longo do tempo, quer através da consulta e leitura de livros, contactos com professores e entidades de prestígio, quer através da frequência de formação específica em História das Ciências, foram aspetos também apontados como fundamentais (A9B, B10J) para a seleção do conteúdo histórico a inserir nos manuais escolares.

Preocupações didáticas, com vista a garantir a compreensão do assunto pelos alunos e utilidade da História das Ciências (história do Átomo) para esse efeito, foram também referidas (B10N), conforme se ilustra no excerto seguinte:

“Didáticas, organizando as coisas, fazendo os alunos perceber, através de um texto fácil, que os conceitos foram evoluindo e como foram evoluindo [...]” (B10N).

Tabela 18 Critérios para a seleção do conteúdo histórico sobre o Átomo

Recurso ...	Autores			
	A9B	A9F	B10J	B10N
à experiência e aprendizagens próprias	x	-	x	-
a material disponível na internet, de algumas universidades ou instituições credíveis	x	-	x	-
a bibliografia credível da especialidade (de História e de Química)	-	x	x	x
a revisores científicos	-	x	-	-

No que respeita ao grau de satisfação relativo ao conteúdo histórico acerca do Átomo incluído nos respetivos manuais escolares e à vontade de alterar algum aspeto relacionado com o mesmo, os resultados (tabela 19) mostram existir algumas diferenças entre as opiniões dos autores de manuais de 9º ano e as dos autores de manuais de 10º ano.

Tabela 19 Satisfação relativamente ao conteúdo histórico sobre o Átomo incluído no manual

Satisfação...		Autores			
		A9B	A9F	B10J	B10N
Parcialmente satisfeito	o espaço permitido pela Editora limita a inclusão de conteúdo histórico	-	x	-	-
	o manual multimédia complementa a informação histórica do manual em papel	-	x	-	-
	extensão do currículo e a carga horária da disciplina não permitem aprofundar mais	x	-	-	-
	a postura dos alunos nas aulas e a sua fraca apetência para a leitura não permitem incluir mais	x	-	-	-
Satisfeito	o conteúdo histórico incluído tem qualidade científica	-	-	x	-
	o resultado final é interessante	-	-	-	x

Assim, enquanto os autores de 10º ano se mostram satisfeitos com o conteúdo histórico incluído nos manuais de que são coautores, os autores entrevistados de 9º ano dizem ter um grau de satisfação relativo. As razões apontadas para tal são, essencialmente, a limitação do espaço disponível pela respetiva editora para a inclusão de conteúdo histórico (A9F), a extensão do currículo e a carga horária da disciplina, assim como a fraca apetência dos alunos para os conteúdos históricos (A9B). Os excertos que se seguem ilustram o exposto:

“Uma coisa é eu ficar satisfeita, outra coisa é aquilo que eu tenho de fazer, eu tenho aqui que jogar com essas variáveis todas [...] estando no terreno, vendo os desabafos dos colegas, vendo o currículo, a carga horária que têm no currículo, percebendo a postura dos alunos nas aulas, que eles não leem nada e o que querem é despachar o trabalho de casa, quer dizer, a gente pergunta, estamos aqui a apostar muito numa temática que depois todo o resto fica por ser trabalhado e é importante que seja trabalhado porque eles precisam de levar uma estrutura mais sólida para o secundário, e o tempo não dá para tudo.” (A9B);

“Sim, fiquei [...] aqui também lidamos com a tensão das páginas, da Editora, portanto, há aqui, às vezes, uma série de perspetivas, que, verdade seja dita, enquanto autores e eu, pessoalmente, tenho muito esta perspetiva de que a História é importante, entre, se calhar passar os conteúdos atuais e descartar um bocadinho a perspetiva histórica ou valorizar a perspetiva histórica e esmiuçar pouco os conteúdos, obviamente que optámos pela 1ª opção, privilegiámos os conteúdos e a História aparece como um complemento, sim, também por uma questão de espaço.” (A9F).

Para um dos autores entrevistados (A9F), a existência do manual multimédia, para além do manual em papel, é uma forma de introduzir mais informação histórica no processo de ensino e aprendizagem e, de algum modo, reduzir a insatisfação relativa com o conteúdo histórico sobre o Átomo incluído no respetivo manual.

Na tabela 20 apresentam-se os resultados relativos às opiniões dos autores entrevistados no que respeita aos objetivos que pretendem que os alunos alcancem e às reações que esperam dos alunos e dos professores face ao conteúdo histórico acerca do Átomo incluído nos manuais de que são coautores.

Tabela 20 Expetativas sobre reações de alunos e professores face ao conteúdo histórico acerca do Átomo

Reacções esperadas	Autores			
	A9B	A9F	B10J	B10N
a parte histórica é desvalorizada pelos professores	-	x	x	-
os alunos deveriam ficar com a ideia do processo de construção do modelo atómico	x	x	-	-
professores e alunos deveriam dar importância aos conteúdos históricos porque eles são relevantes	-	-	-	x

As respostas obtidas foram diversas evidenciando diferentes interpretações dos autores no que respeita às questões formuladas. Assim, alguns autores manifestaram a sua opinião no que respeita à postura que acreditam existir pro parte dos professores perante os assuntos históricos, considerando que, no geral, os professores os desvalorizam (A9F, B10J). Os excertos seguintes ilustram o exposto:

“Sim, mas devo dizer que a grande maioria dos professores com que eu lidei eram pouco sensíveis à História das Ciências, fogem muito dela e isso é fruto de um esforço profundo que os professores têm que fazer para serem acima de tudo mais cultos, conhecedores.” (B10J);

“Pronto, em relação aos professores, a sensação que eu tenho é que por vezes esta parte histórica é desvalorizada, portanto, não acham que é muito importante, têm de dar a matéria e a matéria é a nuvem eletrónica, portanto, o resto é passado, já foi, se calhar fazem uma passagem muito rápida e esperava realmente que trabalhassem melhor isto e que percebessem que durante esse trabalho estão a apanhar dificuldades dos alunos e que eles próprios vão conseguir reformular a estratégia, aquele perder tempo aparente não vai ser perder tempo, vai levar aos alunos uma perceção melhor desta evolução.”(A9F)

Outros autores, ao focalizarem a sua resposta no manual de que são coautores, consideraram que o conteúdo histórico neles incluído sobre o Átomo deverá permitir aos alunos perceber como se tem vindo a construir o atual modelo de átomo (A9B, A9F), ou, por ter merecido um certo desenvolvimento (mais do que uma página dedicada à história do Átomo), deverá levar professores e alunos a valorizarem o conteúdo histórico (B10N). Os excertos seguintes ilustram estas ideias:

“Em relação aos alunos, enfim, esperava naturalmente que no fim disto tudo, mesmo que não sigam Química, neste caso mesmo que não lidem muito perto com estas questões do Átomo, mas que fiquem com a ideia desta construção, portanto, a ciência como alguma coisa feita por homens, por mulheres, algo social, que está sempre em crescente e que hoje é o modelo da nuvem eletrónica, amanhã há-de ser outra coisa qualquer, porventura.”(A9F);

“A nossa ideia é tentar que as pessoas não passem de qualquer maneira como o gato por brasa por estes conteúdos históricos, porque eles são relevantes [...]” (B10N).

No que concerne ao conhecimento do papel atribuído pelas Orientações Curriculares e pelos Programas à história do Átomo (tabela 21), todos os autores entrevistados afirmaram que seguem as indicações neles constantes.

No entanto, no caso do documento referente às Orientações Curriculares para o ensino básico, foi apontada pelos autores de manuais de 9º ano, a questão da ambiguidade que lhe está associada, precisamente por se tratar de um rol de orientações e não de um programa definido, o que poderá levar a diferentes interpretações sobre a forma de abordar os conteúdos históricos.

Tabela 21 Conhecimento do papel atribuído pelas Orientações Curriculares e pelos Programas à história do Átomo

Tem conhecimento...	Autores			
	A9B	A9F	B10J	B10N
das orientações curriculares e considera que tiveram um papel decisivo apesar de ambíguas	x	-	-	-
das orientações curriculares mas, devido à sua ambiguidade, incluíram uma perspetiva própria das mesmas	-	x	-	-
do programa da disciplina e tentam ser fiéis em absoluto ao mesmo	-	-	x	x

Em síntese, para a inclusão de uma abordagem histórica do Átomo nos respetivos manuais escolares, os autores entrevistados afirmaram ter, para a seleção do conteúdo histórico, preocupações científicas e didáticas, mostrando ter conhecimento do papel atribuído pelas Orientações Curriculares e pelos Programas à história do Átomo. Os autores procuraram, através do conteúdo histórico acerca do Átomo que incluíram nos respetivos manuais de que são coautores, dar ênfase à forma como o conceito de átomo se tem vindo a construir ao longo da História. No entanto, alguns autores entrevistados referiram ter a perceção que muitos professores desvalorizam as abordagens históricas e que os alunos podem ter dificuldades em as acompanhar. Neste último aspeto, respeitante aos problemas que os autores referiram verificar-se com a inclusão de conteúdos históricos por parte dos professores, os resultados são semelhantes aos obtidos por outros que realizaram estudos com professores (Martins, 2002; Correia, 2003; Amorim, 2009; Wang & Cox – Petersen, 2002).

No que respeita ao grau de satisfação com as inclusões de conteúdo histórico nos manuais de que são coautores os autores de manuais de 10^o ano que foram entrevistados mostraram-se, no geral, satisfeitos, enquanto que os de 9^o ano disseram ter um grau de satisfação relativo, devido à limitação do espaço disponibilizado pela respetiva editora para a inclusão de conteúdo histórico, além de outros fatores, como a extensão do currículo, a carga horária da disciplina e a fraca apetência dos alunos para os conteúdos históricos.

4.3.4 Razões para a inclusão da história do Átomo nos manuais escolares de determinada forma

Relativamente às razões que levaram os autores de um dado manual a usar a história do Átomo de determinada forma, as entrevistas realizadas foram reveladoras dos resultados que a

seguir se descrevem.

Conforme referido anteriormente (seção 4.2.3), verificou-se da análise efetuada aos manuais escolares, no que respeita ao conteúdo histórico abordado, que em todos os manuais escolares de 9º ano é abordado o atomismo grego, o que não ocorreu nos manuais escolares de 10º ano. Constatou-se, ainda, que na maior parte dos manuais de 9º e de 10º ano são abordados os modelos atômicos de Dalton e de Thomson, e, em todos eles, os modelos atômicos de Rutherford, de Bohr, assim como o modelo quântico. No entanto, no que respeita aos manuais de 10º ano, verificou-se que em todos se desenvolvem, com maior profundidade, os modelos mais recentes do átomo (o modelo de Bohr e o atual modelo quântico), e se salienta a contribuição de cientistas como Planck, Einstein, De Broglie, Schrödinger, Heisenberg ou Dirac para os referidos modelos, ao contrário dos manuais de 9º ano, onde em poucos se refere a contribuição destes cientistas. Verificou-se, ainda, da análise efetuada, que nos manuais de 9º ano as experiências com gases rarefeitos ou as respeitantes à descoberta do eletrão, por Thomson, assim como as experiências sobre difusão de partículas alfa, são mais referidas do que nos de manuais de 10º ano.

No que respeita aos manuais escolares de 9º ano cujos autores (um de cada) foram entrevistados neste estudo, verificou-se que o conteúdo histórico abordado sobre o Átomo incide sobre o atomismo, o modelo de Dalton, o modelo de Thomson, o modelo de Rutherford, o modelo de Bohr e o modelo da nuvem eletrónica (M9B, M9F), pouco se referindo a contribuição de outros cientistas para a formulação dos modelos (por exemplo, no caso do modelo da nuvem eletrónica não se refere a contribuição de De Broglie, de Schrodinger, Heisenberg ou Dirac) (M9B). Por outro lado, desenvolve-se mais, por exemplo, o modelo de Rutherford, incluindo a experiência de Rutherford, e menos outros modelos, por exemplo, o de Bohr (M9F).

As razões apresentadas pelos coautores de manuais escolares de 9º ano, entrevistados neste estudo, as razões apresentadas para o que incluem nos respetivos manuais, a este propósito, prendem-se com o ajuste do conteúdo à faixa etária em causa (A9B) ou com o dar ênfase ao carácter experimental da evolução do modelo atômico, tendo salientado, nesse contexto, os trabalhos de Rutherford (A9F). Os excertos seguintes ilustram o exposto:

“Para uma primeira abordagem não nos quisemos estender, quisemos mostrar os passos também mais importantes, embora tenham ficado realmente cientistas com um papel importante de fora mas que não são mais marcantes para esta evolução para o comum das pessoas. Portanto, mais do que isto achámos que era denso. E para esta faixa etária, não seria de abordarmos.” (A9B);

“Esta opção do Rutherford tem a ver com a parte mais experimental, e muito importante e muito conhecida que está inerente à definição do modelo que ele propôs e, portanto, por isso mesmo se faz

aqui uma descrição mais pormenorizada, porque entretanto o Bohr vai “beber” um bocadinho ao Rutherford, embora com as devidas adaptações, mas surge na sequência deste, talvez por isso tivéssemos feito este desenvolvimento um bocadinho maior [...]” (A9F).

Já no que respeita aos manuais escolares de 10º ano verificou-se que, no que concerne ao conteúdo histórico abordado sobre o Átomo, os coautores entrevistados assumem que privilegiaram os modelos mais recentes do Átomo (modelo de Bohr, modelo quântico) e que desenvolveram menos aspetos relacionados com modelos anteriores (atomismo grego, modelo de Dalton, modelo de Thomson ou modelo de Rutherford) e que, por exemplo, as experiências de Thomson e de Rutherford são pouco desenvolvidas (M10N).

Conforme anteriormente também foi referido (secções 1.2.4 e 4.2.3), no programa de Física e Química A (correspondendo ao 10º ano) está prevista a leção do modelo mais atual do átomo. Assim, segundo os autores entrevistados (B10J e B10N), o conteúdo histórico sobre o Átomo incluído nos manuais de que são coautores foi condicionado por esse facto, aliado à opção de tentar vincular os alunos às ideias mais atuais, mas também (B10J) à contingência do número de páginas estipulado pelas editoras. Os excertos seguintes mostram o referido:

“Sim, na realidade, embora seja discutível, nós acabámos por optar, principalmente a nível de 10º ano, mas acho que mesmo em termos de ensino básico se pode fazer assim, por apresentar os modelos e as ideias mais atuais e tentar vincular os alunos a isso, e depois fazer uma retrospectiva e dizer ‘olha isto, no entanto, não foi sempre assim, sofreu esta evolução’. Há quem ache que é importante esta referência porque no horizonte dos alunos pode ficar então uma ideia excessivamente histórica do conhecimento científico a este nível, e de facto há um conhecimento presente, que é o que importa ter.” (B10N);

“Ora bom, é a tal escolha, a tal seleção. Nós tínhamos que fundamentar muito bem o passado recente que deu origem ao modelo atual, [...] . E portanto, houve aspetos que, dadas as contingências que eu lhe falei, do número de páginas, do que se quer escrever para não se perder o fio à meada, alguns aspetos foram menos bem ilustrados. [...] nós optámos, então, por ilustrar o passado recente, de forma a que o aluno possa, com facilidade, progredir para o modelo atual [...]” (B10J).

Da análise efetuada aos manuais escolares constatou-se que, no geral, o conteúdo histórico é reduzido a biografias e que as características pessoais e as características profissionais dos cientistas são abordadas em poucos manuais escolares, aliado ao facto de que, quando o fazem tendem a exagerar pela positiva, o que, conforme já foi salientado (secção 4.2.1.1,) faz com que os manuais escolares contribuam pouco para a construção de uma imagem adequada dos cientistas e, antes, fomentem o perpetuar de imagens estereotipadas sobre os mesmos.

No que respeita aos manuais escolares analisados verificou-se que surgem alguns dados biográficos, (o nome e data de nascimento), (M9B, M9F e M10J) ou (datas de uma descoberta ou de uma teoria) (M10N) mas não se salientam aspetos relacionados com as características e a vida familiar ou profissional dos cientistas. Verificou-se ainda, na análise efetuada, no caso do

manual M9F, no que respeita ao tipo de informação relativa aos dados biográficos dos cientistas, que a mesma se centra em cientistas como Demócrito, Dalton, Thomson e Rutherford e menos em cientistas posteriores. Esta constatação foi justificada, pelo respetivo autor, por opções editoriais, tendo ainda salientado a componente multimédia do manual como forma de complementar essa parte da informação histórica em falta no manual em papel. Também o coautor B10J, do manual M10J selecionado para este estudo, justificou que a razão para o mesmo tipo de informação histórica incidir em cientistas, neste caso, como Bohr e menos em outros cientistas posteriores, se ficou a dever à necessidade de centrar toda a gama de descobertas imediatamente antes do modelo atómico atual.

Os autores de manuais escolares selecionados para este estudo, apesar de considerarem ser importante desenvolverem-se outros aspetos da vida dos cientistas, de forma a que os alunos os possam ver como cidadãos comuns, pessoas humanas, apesar da profissão que têm, apontam como condicionantes para as opções tomadas relativamente ao tipo de informação que veiculam relativa aos cientistas, a reduzida carga horária da disciplina (A9B) e a falta de espaço disponível no manual (B10J e B10N). Os excertos seguintes ilustram o exposto:

“A carga horária é pequena, nós aqui interessa-nos realmente o aspeto mais científico da evolução do conhecimento, embora algumas dessas histórias fossem curiosas, mas não há tempo, o bom era aproveitar-se uma Área de Projeto e o Estudo Acompanhado e pedir aos alunos que desenvolvam um trabalho, ou até um debate na escola em que aprofundavam, porque tem interesse e eu considero isso importante, porque estes senhores todos ou nenhum foi filho de pai médico, cientista ou o que quiserem chamar, muitos deles eram, enfim, cidadãos perfeitamente comuns que acabaram por ser grandes curiosos e que chegaram a certas descobertas.” (A9B);

“Aí é por mera questão de espaço, não há mesmo mais nenhuma outra, era impossível porque ao colocar isso teríamos que desfazer todo o contexto que está ao lado, ou seja, a fotografia tem que estar inserida junto das frases que falam do modelo.”(B10J).

Foram ainda referidos, como forma de colmatar as falhas existentes no manual propriamente dito, os restantes componentes do manual escolar (manual digital ou livro de apoio ao professor), como recursos disponíveis de informação complementar para o professor utilizar nas suas aulas (A9F e B10 J). Os excertos que se seguem ilustram o exposto:

“Essa tal situação mais biográfica, quem são, o que fizeram, onde nasceram, como é que contribuíram para a História da Ciência está no manual multimédia que tem uma secção que se chama mesmo ‘Biografias’, então nessa secção, neste caso do manual do 9º ano, as várias temáticas que são trabalhadas, nas várias temáticas que nomes foram importantes, que contribuições foram importantes[...]” (A9F);

“ Esses aspetos são aqueles que o professor tem que forçosamente ilustrar [...], o professor pode facultar uma fotocópia (isto está sugerido no livro do professor) ou dar-lhes os sites onde eles possam portanto complementar [...]” (B10J).

Da análise efetuada aos manuais escolares constatou-se, ainda, (secção 4.2.1.2), no que respeita à forma como a evolução dos modelos atômicos é apresentada que, na maior parte dos manuais de 9º ano, esta surge como sendo uma evolução linear e unidirecional, em que os períodos históricos surgem relacionados de uma forma sequencial, num sentido único e bem definido, enquanto que nos manuais de 10º ano, a mesma evolução surge, mais frequentemente, como uma evolução real, com os períodos históricos relacionados entre si, com a apresentação dos avanços e recuos, incluindo as controvérsias que estiveram associadas a algumas etapas desse desenvolvimento. Por outro lado, constatou-se ainda, relativamente ao conteúdo histórico analisado nos manuais escolares objeto desta investigação, que se valorizaram as menções a descobertas científicas, sendo fraco o valor dado à descrição das descobertas científicas e ao papel da comunidade científica na evolução do conhecimento do Átomo.

No que respeita aos manuais escolares analisados de 9º ano, verificou-se que a evolução dos acontecimentos é apresentada, geralmente, de uma forma discreta, sem relação entre si, ou então, de uma forma linear e unidirecional, ou seja, os períodos da evolução do modelo atômico surgem relacionados, mas não se apresentam os avanços e recuos, incluindo as controvérsias. As razões avançadas pelos autores dos manuais de 9º ano para a inclusão da história do Átomo da forma referida relaciona-se com o pouco tempo disponível (A9B) ou com o pouco espaço disponível (A9B, A9F) para a lecionação do tema. Os excertos seguintes ilustram o exposto:

“Não, a nível do básico não, é o tempo, o espaço, e como queremos que eles fiquem realmente com uma ideia de que a ciência evolui e não entrar em mais pormenores [...] mas se eles ficarem com esta ideia, e com tantas outras coisas que queremos também dar e trabalhar, o tempo não é elástico.”(A9B);

“ [...] nós tínhamos como mancha para a parte histórica as duas páginas e depois espera-se, a ideia é “picar” esses assuntos e depois a discussão que é importante, porque isto não foi assim tão linearzinho, houve recuos, houve erros, avanços, espera-se um bocadinho que isso seja também seja um trabalho que o professor possa desenvolver com os alunos ou pedir que os alunos, entretanto, pesquisem alguma coisa com base nestes pequeninos “aperitivos” que se colocam.” (A9F).

No que respeita aos manuais escolares analisados de 10º ano, verificou-se que no caso do modelo de Bohr e no atual modelo quântico do Átomo, se faz maior referência ao papel da comunidade científica e se mostra a evolução real dos acontecimentos, não se verificando o mesmo nos outros períodos da história do Átomo. Neste caso, as razões apresentadas pelos autores dos manuais de 10º ano para a inclusão da história do Átomo da forma referida relacionam-se quer com equilíbrio encontrado para tornar o manual compatível com o que os professores e as editoras esperam de um manual em termos de História das Ciências (B10J)

quer com o pouco espaço disponível (B10N) para a apresentação do tema. Os autores reforçam, ainda, a ideia de se poder complementar alguma falha a nível de informação histórica no manual propriamente dito através do manual digital (B10 J e B10N). Os excertos seguintes ilustram o exposto:

“Pois é, eu não posso ir muito longe, [...] e não conseguem fazer disto uma coisa simples, como uma grande parte dos professores têm medo, não quer dizer que sejam todos, obviamente, há uma grande multidão de professores conhecedores, mas como a maior parte tem medo, faz disto um cavalo de batalha [...] e depois faz perguntas sobre aquilo e esquece-se de que está a ensinar química e de repente dá-se conta que a matéria está atrasada e dá tudo a correr e este jogo de equilíbrio é que nos levou exclusivamente a tirar algumas coisas e a tornar as coisas mais simples.” (B10J);

“É verdade, é, não cabia. Por um lado não caberia, mas tendo que optar, acho que optámos bem, mais vale fazer um resumo um bocado mais pormenorizado do modelo de Bohr e da contemporaneidade do que dos modelos anteriores, a este nível de um manual escolar. Claro que tudo isto são textos que se poderiam assumir numa lógica de manual que, por exemplo, tivesse um *background* de informação digital, na página da *internet*, seriam, por exemplo, textos adicionais interessantes a incluir, ou atividades a propor aos alunos para fazerem um *zoom* histórico e cronológico mais particular, por exemplo, no modelo de Rutherford, ou Thomson ou de outro” (B10N).

Conforme referido anteriormente (seção 4.2.2), verificou-se, da análise efetuada aos manuais escolares, no que respeita ao material utilizado para apresentar a informação histórica, que os autores dos manuais escolares analisados optaram pela inclusão de fotografias de cientistas e de esquemas elaborados por autores de manuais escolares, não se tendo verificado a inclusão de documentos de textos originais ou de fontes secundárias. Nos manuais de 9º ano surgem, ainda, em alguns casos, experiências históricas.

No que respeita aos manuais escolares analisados de 9º ano selecionados para este estudo, verificou-se que relativamente ao material usado para apresentar a informação histórica acerca do Átomo, os respetivos autores privilegiaram as fotografias de cientistas, esquemas de modelos atómicos e um esquema ilustrativo da experiência de Rutherford (M9B e M9F), uma Cronologia, (M9B) e uma figura com símbolos de Dalton (M9F). As razões apresentadas pelos autores dos manuais de 9º ano relativamente ao material que incluem para apresentar a história do Átomo prendem-se com o espaço disponível no manual para o tema (A9B) e, especificamente a inclusão da cronologia teve como objetivo ser mais fácil para os alunos ver a sequência dos acontecimentos (A9B). A questão da importância das imagens visuais, para ser mais fácil aos alunos associarem os nomes com as pessoas que foram os cientistas, foi salientada por um dos autores (A9F). Foi também salientado que os alunos podiam perceber através de uma representação visual as características que numa dada época altura os cientistas julgavam que o átomo tinha. Os excertos seguintes evidenciam o que se referiu:

“Nós quisemos em duas páginas fazer uma retrospectiva histórica e depois tentámos jogar com, eu

lembro-me perfeitamente que nós aqui tínhamos mais informação, mas depois já não nos cabia [...] e então pegámos na fotografia e no modelo, basicamente, e o textinho necessário para perceber a evolução, a ideia que queremos com que eles fiquem, por isso limitámo-nos a isso e depois, em termos de cronologia, para eles ser mais fácil de ver a sequência dos acontecimentos.” (A9B);

“Aliás, numa era em que tipicamente parece que a imagem é tudo, não é bem assim, mas vivemos muito da imagem, portanto, realmente estas mensagens visuais, é isto que normalmente fica na retina dos alunos. Portanto, a imagem dos cientistas, também por uma questão de associação do nome com a pessoa, por uma questão, também de respeito pelo trabalho que fizeram, naturalmente faz sentido, mas o modelos, e acho que isso é o mais importante do que aqui temos, é justamente isso, tentar que eles percebam, através de uma representação visual, as características que naquela altura os cientistas julgavam que o átomo tinha, portanto, como era o modelo atómico.” (A9F).

No que respeita aos manuais escolares analisados de 10º ano verificou-se que relativamente ao material usado para apresentar a informação histórica acerca do Átomo, os respetivos autores privilegiaram as fotografias de cientistas (M10J e M10N), incluindo as relacionadas com os modelos mais atuais do átomo (M10J), esquemas de modelos atómicos (M10J E M10N), um esquema interpretativo da experiência de Rutherford (M10N) e um texto resumo sobre os modelos atómicos (M10J). Um dos autores de 10º ano (B10N) considera que, relativamente ao material que incluem no respetivo manual para apresentar a história do Átomo, a opção foi equilibrada, do ponto de vista estético e tendo em conta todas as limitações de espaço e de programa que têm. O excerto seguinte ilustra o exposto:

“Eu acho que este livro ficava diferente no aspeto do trato histórico, a este nível e, concretamente em relação ao cumprimento que vem no programa, sem as figuras dos cientistas, sem estes diagramas sintéticos e sem o outro diagrama de pormenor em relação à experiência do Rutherford. Aliás, inclui-se também depois uma questão resolvida para os alunos fazerem uma associação de modelos, cientistas e datas e portanto penso que no arranjo, aqui este conjunto da página 90 e 91 correspondeu a uma opção equilibrada, também do ponto de vista estético e atendendo às limitações que temos.” (B10N)

No que respeita aos manuais escolares analisados, quer de 9º ano quer de 10º ano, verificou-se, tal como para a generalidade dos manuais escolares analisados (secção 4.2.4), que a informação histórica acerca do Átomo surge enquadrada num contexto científico e tecnológico.

As razões apresentadas pelos autores dos manuais relativamente ao enquadramento da informação histórica que incluem acerca do Átomo prendem-se com a necessidade de mostrar aos alunos como as ciências evoluem. Por um lado, o conhecimento que se foi adquirindo ao longo dos tempos dependeu de outros conhecimentos que já havia na época e da tecnologia disponível. Por outro lado, por vezes, o conhecimento não evoluiu por falta de bases científicas ou tecnológicas que não estavam disponíveis numa dada época. Os excertos que se seguem mostram estas ideias:

“Porque durante muito tempo pensava-se que os cientistas e a ciência era um mundo à parte, as

peças ali isoladas, com umas cabeças fabulosas, produziam o conhecimento e nada tinha a ver com a realidade, com o exterior. Era aquilo e não é nada disso, aquilo era assim porque efetivamente a interação das pessoas, a tecnologia, estava num determinado ponto, porque a matemática tinha mais ou menos aquele conhecimento, por isso a ciência vivia dessas interações todas. Portanto, eu acho que é importante e o currículo é a prova disso, e nós, em termos de manual, tentamos transpor, fazer essa transposição, que estávamos nesse ponto, pensava-se assim porque cá fora a tecnologia, porque cá fora a sociedade, porque cá fora o ambiente.... Portanto, havia sempre estas interações, porque senão, se calhar nada disto se teria passado desta forma.” (A9F);

“Sim, pois não é só dizer que foi no século não sei quê ou não sei quê, foi com estas condições e mesmo assim dizemos pouco, não é, aqui o Thomson, beneficente de experiências anteriores realizadas por Crookes, [...] realizou descargas elétricas em gases, essas experiências conduziram à ideia de partículas subatômicas de carga elétrica negativa, a referência ao pudim de passas, enfim, há aqui todo um conjunto, ao fim e ao cabo, estamos a falar de história e convém contar uma história. Nós aqui fizemos algum exercício de contar um pouco de história com a veledade de não dar seca aos alunos.” (B10N).

Conforme referido na seção 4.2.5, verificou-se, da análise efetuada aos manuais escolares, no que respeita às atividades relacionadas com a história do Átomo, que estas eram, na generalidade, pouco frequentes e que, maioritariamente, eram do tipo ‘análises de dados históricos’.

No que respeita aos manuais escolares considerados neste estudo verificou-se que, relativamente às atividades relacionadas com a história do Átomo, todos os autores optaram por colocar questões de análise de dados históricos. Constatou-se ainda que um autor (A9B) colocou uma questão de investigação bibliográfica, um autor (A9B) uma atividade de construção de um modelo atômico em plasticina (A9B), outros autores (A9F e B10N) colocaram questões de análise de experiências históricas e outro (A9F) colocou uma questão de análise de uma simulação computacional.

As razões apresentadas pelos autores dos manuais de 9º ano relativamente às atividades que incluem no que respeita à história do Átomo prendem-se com o interesse em diversificar o tipo de atividades (A9B). O excerto que se segue mostra o referido pelo autor:

“Este capítulo tinha a ver com a estrutura atômica, então queríamos pôr aqui atividades diversificadas, dando cobertura ao tal ‘Desenvolvo competências’. E então procurámos tipo Investigação, noutras vezes é Debate, é fazer Cartazes, e, às vezes, mesmo questões práticas de manipulação para diversificar as atividades dentro da sala de aula, até para casa.” (A9B).

Por outro lado, foi também referido (A9F), a respeito das atividades que são incluídas no respetivo manual, que as atividades, em si, servem dois propósitos: consolidar conhecimentos já trabalhados nas aulas ou trabalhar conceitos que previamente ainda não ficaram totalmente consolidados. O excerto que se segue ilustra o exposto:

“As atividades têm, essencialmente, dois propósitos. Um deles é, se efetivamente isto já foi trabalhado, se o professor ou se o aluno também se debateu sobre isto e então vamos ver o que ficou, vamos tentar aplicar, consolidar este conhecimento. Outro propósito é, se porventura isto não foi muito visto

ou se passou sem um grande cuidado, depois, entretanto, vão surgir questões, a de alguma forma, entre aspas, obrigá-los a ler alguma coisa daquilo, pelo menos a refletir alguma coisa sobre esta evolução. A parte da simulação computacional da experiência de Rutherford, é mesmo isso, nós aqui atrás temos o modelo, a tentativa de representar o que foi a experiência e depois ali, na versão simplificada, se ficou realmente o importante da experiência, então agora já vamos conseguir interpretar o que se passou.” (A9F).

As razões apresentadas pelos autores dos manuais de 10º ano relativamente às atividades que incluem no que concerne à história do Átomo prendem-se (B10N) com o considerarem importante a sua inclusão mas tentando apresentar atividades que vão mais além da simples memorização de datas ou de factos. O excerto que se segue ilustra a ideia do autor:

“Em relação às atividades, é importante, e esta questão resolvida é importante por também ser uma questão de relação, uma escolha múltipla entre datas de modo a associarem ou poderem associar o modelo atual com 1926 e não perguntar em que data surge o modelo atual, para os alunos não memorizarem desnecessariamente datas.” (B10N).

O autor B10J salientou que, dada a adaptação (simplificação) que foi necessário fazer aquando da elaboração do manual, de forma a se ir mais ao encontro do que os professores, alunos, e, conseqüentemente, as editoras, procuram em termos de manual, os professores têm sempre disponível o manual do professor, onde poderão ir buscar sugestões de outras atividades a realizar, sendo muito importante o seu papel em todo o processo de ensino. O excerto seguinte mostra o exposto:

“Garantido está o material para fazer coisas bem feitas, agora está na mão do professor, porque o manual tem as contingências específicas de um espaço físico, não é humano, e como tal há muitas soluções de compromisso, eu ainda não descobri melhores meios que os professores.”(B10J).

Conforme referido anteriormente (seção 4.2.6) da análise efetuada aos manuais escolares, no que respeita à inclusão de bibliografia relacionada com a História das Ciências e/ou a história do Átomo constata-se que essa informação é escassa. Assim, relativamente aos manuais escolares analisados cujos autores foram entrevistados não foi encontrada bibliografia em História das Ciências, dois manuais (M9B e M10N) não apresentam qualquer referência a sítios da *Internet* para consulta e, em outros dois (M9F e MB10J), encontraram-se referências a sugestões de *sítes* para consulta.

As razões apresentadas pelos autores dos manuais que não incluem qualquer referência a sítios da *Internet* para consulta prendem-se com o facto de essa informação, à partida, ser disponibilizada no manual virtual (A9B e B10N). O autor A9B salienta, ainda, a desatualização constante dos *sítes*, motivo porque faz mais sentido, em sua opinião, essa informação constar no manual virtual, o qual todos os anos pode ser atualizado, ao invés de no manual propriamente dito que tem um período de vigência de seis anos. Por outro lado, o autor B10N,

reconhece que poderiam ter colocado alguma informação complementar no próprio manual, apesar de ainda assim incluída no manual virtual. Os excertos que se seguem ilustram as opiniões dos autores referidas.

“Não, primeiro fazíamos muito isso, depois, nesta fase, fomos aconselhadas pela Editora a não o fazer, porque muitas vezes, os livros que a gente coloca com atividades ficam caducos, desativados, desatualizados, e como o livro é para seis anos, incorremos mais nisso, então, o que estamos a fazer é no manual virtual, estamos a pôr muita informação para o professor, também para o aluno, porque existe o manual virtual do aluno e todo o ano é corrigido, isto é, pode-se meter materiais mais atualizados, pode-se tirar o que já está desatualizado, enquanto que aqui, que é estático por seis anos, não se pode violar, modificar, então usou-se essa estratégia. Antigamente púnhamos, além da bibliografia, diversos links.” (A9B);

“Quanto à bibliografia, no caderno do professor há referências adicionais a isto, agora sou suficientemente autocrítico para reconhecer que não ficava aqui mal um apontamento de bibliografia adicional ou de um sítio na internet para complementar a informação, acho que é uma boa crítica que se pode fazer, embora nos tais recursos para o professor se possa encontrar a informação complementar.” (B10N).

Quanto aos autores que incluem referências a sítios da Internet para consulta, as razões apontadas relacionam-se com a possibilidade de fornecerem informação complementar a alunos que queiram aprofundar mais os conhecimentos (A9F) e com a possibilidade de fornecer recursos aos professores, facilmente acessíveis através da *Internet*, e que permitem fazer apresentações de aulas mais motivadoras (B10J). Os excertos que se seguem ilustram as opiniões dos autores referidas:

“O ‘Saber mais’, as linhas que vamos pondo é um bocadinho aquela história de favorecer as elites, elites aqui no bom sentido, claro, alunos que porventura colocam uma questão pertinente ou que querem saber alguma coisa, mas que, entretanto, o professor por algum motivo não tem disponibilidade para resolver ou para responder naquele momento. Ele depois poderá, entretanto, se calhar saber qualquer coisa mais sobre isto e, portanto, deixamos algumas sugestões, aí eles terão informação que podem ir buscar relacionada com isto, que pode ser útil.” (A9F);

“[...] temos sempre garantido que o professor pode fazer uma aula bonita e apresentar os tais sites, por isso é que temos o cuidado de os pôr aí, os tais materiais que vêm pela Internet e que hoje dão facilimos de usar nas escolas [...]” (B10J).

Em síntese, os autores dos manuais escolares entrevistados apontaram várias razões que os levaram a incluir a história do Átomo de determinada forma. Assim, o conteúdo histórico incluído sobre o Átomo nos manuais de 9º ano, foi justificado pela sua adaptação à faixa etária dos alunos ou pelo interesse em dar ênfase aos trabalhos experimentais de cientistas na evolução do modelo atómico, como, por exemplo, aos trabalhos de Rutherford. De acordo com os autores de 10º, o próprio programa da disciplina condiciona o conteúdo a abordar, além de ter sido também referida a questão do espaço estipulado pelas Editoras o a qual condiciona a inclusão de conteúdo histórico.

No que respeita ao tipo e organização da informação histórica acerca do Átomo veiculada pelos autores, designadamente no que respeita à imagem com que são apresentados os cientistas, à evolução do modelo atómico e às pessoas responsáveis por essa mesma evolução, assim como o material que é utilizado para apresentar a informação histórica, o enquadramento que é feito dessa mesma informação histórica e a referência a bibliografia/webgrafia de História das Ciências e/ou de história do Átomo constata-se que os autores entrevistados consideraram, que os aspetos atrás referidos não foram, por vezes, desenvolvidos tal como gostariam, ou seja, indo de acordo às suas convicções sobre a melhor forma de incluir conteúdo histórico no ensino. As principais razões apontadas como limitações a esse melhor desenvolvimento foram a falta de espaço disponível no manual devido a opções editoriais, a necessidade de ir ao encontro do que os professores/editoras procuram num manual escolar, o pouco tempo disponível (no ensino básico) e o programa a cumprir (no ensino secundário). No geral, em termos de material utilizado para apresentar a informação histórica sobre o Átomo e sobre as atividades propostas, os autores consideraram que, atendendo a todas as limitações que tiveram, o resultado final foi satisfatório.

Acresce ainda que todos os autores entrevistados apontaram como forma de colmatar as falhas existentes no manual propriamente dito, os restantes componentes do manual escolar (manual digital ou livro de apoio ao professor), como recursos disponíveis de informação complementar para o professor utilizar nas suas aulas. Neste ponto, foi ainda salientado que os professores têm sempre disponível o livro do professor onde poderão ir buscar sugestões de outras atividades a realizar, sendo muito importante o seu papel em todo o processo de ensino.

CAPÍTULO V

CONCLUSÕES, IMPLICAÇÕES E SUGESTÕES

5.1 Introdução

No presente capítulo apresentam-se as conclusões da investigação realizada, composta por dois estudos complementares (5.2), tendo como referência as questões formuladas e apresentadas no capítulo I. De seguida, discutem-se as implicações dessas conclusões para diferentes áreas e intervenientes na educação em ciências (5,3). Finalmente, apresentam-se sugestões para futuras investigações (5.4).

5.2 Conclusões

A investigação realizada pretendia dar resposta à seguinte questão geral: por que é que os manuais escolares de 9º ano e do 10º ano (disponíveis no mercado português no ano letivo de 2009/2010) recorrem à informação histórica para abordar o Átomo, de determinado modo? Esta questão geral concretizou-se através de três questões específicas, sendo que as duas primeiras foram respondidas com base na análise de manuais escolares e a terceira à custa de entrevistas realizadas a alguns autores de manuais.

As duas primeiras questões de investigação eram eram as seguintes:

- Que relação existe entre a abordagem histórica do Átomo que é feita pelos manuais escolares de 9º ano e 10º ano?
- Qual a qualidade científica do conteúdo histórico incluído nos diversos manuais aquando da abordagem do Átomo?

Os resultados obtidos a partir da análise da abordagem do átomo em oito manuais de 9º ano e em oito manuais de 10º ano permitiram concluir que todos os manuais escolares analisados, quer do 9º ano quer do 10º ano, abordam a história do Átomo. Nessas abordagens, verificaram-se aspetos comuns, mas também se verificaram algumas diferenças, quer no que respeita ao conteúdo histórico quer no que concerne à forma de o apresentar.

A principal diferença entre as abordagens históricas do Átomo que são feitas pelos manuais escolares de 9º ano e 10º ano prende-se com o próprio conteúdo histórico incluído nos manuais. Assim, nos manuais de 9º ano, desenvolvem-se mais os modelos atômicos respeitantes aos

séculos XVIII e XIX, designadamente os modelos de Thomson e de Rutherford, e menos outros modelos mais recentes do Átomo, tais como o modelo de Bohr e o modelo quântico. Por seu lado, nos manuais de 10º ano, desenvolvem-se os modelos mais recentes do Átomo, incluindo o modelo quântico. Verifica-se, ainda, que a evolução dos modelos atômicos é apresentada, na maior parte dos manuais de 9º ano, como sendo uma evolução linear e unidirecional, na medida em que os períodos históricos surgem relacionados de uma forma sequencial, num sentido único e bem definido, e, nos manuais de 10º ano, tende a ser apresentada como uma evolução real, na medida em que os períodos históricos surgem relacionados entre si, com a apresentação dos avanços e recuos, incluindo as controvérsias que estiveram associadas a algumas etapas desse desenvolvimento.

Por outro lado, não se verificaram incorreções científicas aquando da abordagem do Átomo. No entanto, as semelhanças encontradas nos manuais escolares analisados de ambos os anos de escolaridade, no que respeita à forma apresentam o conteúdo histórico respetivo, parecem refletir uma pouca concordância com os princípios gerais preconizados para o ensino das ciências e com as orientações emanadas dos programas das disciplinas. De facto, quer nuns quer noutros se defende uma diferente abordagem da História das Ciências, que seja capaz de permitir obter uma visão mais humanista das ciências, aprender quer a fazer ciências quer sobre a natureza das ciências, ou seja que foque uma evolução real do conhecimento científico, evolução essa devida a pessoas humanas, cidadãos normais apesar da profissão que têm, que desenvolvem a sua atividade num dado momento do progresso científico e que estão inseridos em contextos tecnológicos, históricos, políticos, religiosos, sociais que os afetam enquanto pessoas e enquanto profissionais. Ora esta visão dificilmente será veiculada pelos manuais analisados, uma vez que a história do Átomo que apresentam, por um lado, surge centrada em dados biográficos e em episódios da vida pessoal dos cientistas, como sendo resultado do trabalho de cientistas individuais, realizado num contexto, no geral, somente científico e tecnológico, não se valorizando as influências sociais, políticas ou religiosas. Por outro lado, o material utilizado nos manuais analisados para apresentar a informação histórica consta, essencialmente, de fotografias de cientistas e de esquemas elaborados por autores de manuais escolares, não tendo os respetivos autores optado pela inclusão de documentos ou de textos originais ou por fontes secundárias, as atividades de aprendizagem, são, maioritariamente, do tipo 'análises de dados históricos', e a bibliografia relacionada com a história do Átomo é quase inexistente.

A terceira questão específica desta investigação era:

- Como explicam os autores de manuais escolares as características didáticas e científicas da abordagem histórica do Átomo incluída nos respetivos manuais?

Os resultados obtidos através de entrevistas realizadas a quatro autores de quatro manuais escolares (dois de 9º ano e dois de 10º ano) permitiram concluir que existem algumas diferenças entre as opiniões desses autores no que respeita à importância que cada um atribui à inclusão de conteúdo histórico no ensino das ciências. Assim, apesar de todos os autores entrevistados a considerarem importante, alguns autores consideram-na absolutamente essencial. No entanto, apesar das diferenças encontradas, verificou-se que todos os autores entrevistados consideram que a utilização da História das Ciências no ensino das ciências assume um papel fundamental, na medida em que permite mostrar toda a evolução das ciências e como o conhecimento científico se constrói nos contextos das diferentes épocas. Apesar disso, os autores nem sempre incluem o conteúdo histórico nos manuais escolares da forma que mais gostariam e que estaria de acordo com as respetivas convicções sobre como o incluir. As razões para isso relacionam-se, fundamentalmente, com o espaço disponível no manual escolar para os assuntos históricos, espaço esse limitado por opções editoriais. A este propósito, alguns autores referiram também que os programas das disciplinas, devido à sua grande extensão, não deixam muito tempo para os assuntos históricos, o que condiciona, indiretamente, as decisões sobre a inclusão de conteúdo histórico nos manuais escolares. Os autores salientaram que, no entanto, em outros componentes dos respetivos projetos (manual digital, caderno de atividades, livro do professor) é possível encontrarem-se recursos didáticos mais diversificados e/ou sugestões metodológicas para a utilização da História das Ciências nas aulas, o que poderá, de alguma forma, colmatar as falhas ao nível do manual escolar propriamente dito. A intervenção do professor também foi considerada importante, pelos entrevistados, para colmatar as lacunas do manual, na medida em que ele poderá igualmente complementar alguns aspetos que não estejam suficientemente desenvolvidos no manual. Segundo os autores, a falta de interesse que existe nos alunos para com os conteúdos históricos poderá ser suplantada com uma correta abordagem da História das Ciências por parte do professor.

Relacionando os resultados obtidos através da análise de manuais e das entrevistas realizadas a autores para responder à questão geral de investigação (Por que é que os manuais escolares de 9º ano e do 10º ano (disponíveis no mercado português no ano letivo de

2009/2010) recorrem à informação histórica para abordar o Átomo, de determinado modo?), conclui-se que, apesar de os autores entrevistados terem ideias adequadas acerca do papel que a História das Ciências pode desempenhar no ensino destas, a falta de espaço nos manuais, é um dos principais fatores que, segundo eles, condiciona o conteúdo histórico acerca do Átomo que é incluído nos respetivos manuais escolares. Esta falta de espaço justifica, segundo eles, o pouco desenvolvimento do mesmo e/ou a omissão de aspetos que, na opinião de especialistas na área, seriam importantes para que os manuais pudessem fomentar nos alunos o desenvolvimento de uma imagem adequada das ciências e uma perceção mais real de como o conhecimento científico evolui. Devido a essa condicionante, os autores consideram que o conteúdo histórico constante no manual pode constituir-se como uma pista, um ponto de partida para ser explorado de diferentes formas em contexto de ensino, sendo aí fundamental o papel do professor, que pode recorrer a recursos didáticos auxiliares de cada projeto de manual escolar. Os autores de manuais passam, assim, para os professores, em grande parte, a responsabilidade de decidir que conteúdo histórico vão abordar, a que materiais vão recorrer e como vão fazer essa adordagem, caso pretendam cumprir as orientações curriculares e programáticas em vigor.

5. 3 Implicações

Os resultados desta investigação têm implicações ao nível da formação de professores e dos recursos didáticos, de um modo especial, ao nível dos manuais escolares e dos seus autores e editoras, e também dos processos de seleção de manuais a adoptar e de certificação de manuais escolares a disponibilizar no mercado.

Atendendo a que a investigação realizada permitiu averiguar a quantidade e a qualidade do conteúdo histórico que é incluído nos manuais escolares da área da Física e da Química, desde logo se aponta uma primeira implicação da mesma, que se relaciona com o facto de os professores poderem ter, ou não, confiança no manual escolar, no que respeita à História das Ciências. A este respeito, as conclusões da investigação mostram que os professores não podem limitar-se a seguir o manual escolar para efeitos de informação histórica a incluir nas suas aulas e alertam para a necessidade de estarem mais atentos aos recursos auxiliares de cada manual escolar, nomeadamente o manual digital e o livro de apoio ao professor. Uma consequência disto é que a formação, inicial e contínua de professores, precisa facultar, não só formação em História das Ciências, mas também formação em como a usar nas aulas de ciências, de modo a

veicular uma Educação em Ciências equilibrada a todos os alunos. Por um lado, tal formação permitiria que os professores se sentissem mais à vontade na abordagem de assuntos históricos nas suas aulas, mesmo que os manuais não os abordassem muito ou não o fizessem de uma forma devidamente fundamentada, contextualizada ou utilizando materiais adequados aos alunos. Por outro lado, se os professores passarem a estar mais atentos aos benefícios da inclusão de conteúdo histórico no ensino das ciências, decerto procurarão colmatar as falhas dos manuais escolares no que respeita à História das Ciências mas passarão também a exigir mais dos manuais no que se refere a conteúdo histórico neles incluído, o que fará também, certamente, mudar as perspetivas dos respetivos autores (e das editoras) sobre a sua inclusão nos respetivos manuais.

No que respeita aos autores dos manuais escolares, e sabendo que os manuais têm que ter uma dimensão aceitável, os resultados da investigação realizada apontam para uma necessidade de fazerem uma análise global e integrada dos seus manuais, à luz das perspetivas atuais para a Educação em Ciências, e ponderarem melhor quais os aspetos que vale a pena desenvolver mais e quais aqueles que não necessitam de tanto desenvolvimento, e reformularem os mesmos, tendo nesse processo em conta que, como se mostrou no capítulo II, os professores se baseiam muito no manual escolar para decidirem sobre a História das Ciências a incluir na Educação em Ciências. Envolver as editoras nesta análise poderia torná-las mais sensíveis para o que é, de facto, importante em termos de formação científica dos alunos do século XXI, e mais abertas a eventuais reorientações dos seus projetos educativos materializados em manuais escolares.

No que respeita ao processo de selecção de manuais escolares, o facto de os manuais analisados, apesar de diferentes entre si, nem sempre incluírem o Átomo da melhor forma em termos de abordagem histórica, implica que os professores estejam atentos a este aspeto no momento da escolha dos manuais a adotar na sua escola, e considerem a qualidade da abordagem histórica como um dos critérios a ter em conta nessa decisão.

Finalmente, os resultados desta investigação têm também implicações para o processo de certificação de manuais escolares, levado a cabo pelo Ministério da Educação (Lei nº 47/2006, de 29 de Agosto). Na verdade, os problemas encontrados nos manuais escolares utilizados nesta investigação, no que respeita à história do Átomo, concordantes com os obtidos em outras investigações centradas em outros temas (Leite, 1986; Pereira & Duarte, 1998; Campos, 1996; Solbes & Traver, 1996; Cardoso, 2002b; Leite, 2002; Niaz & Rodriguez, 2002; Niaz &

Rodriguez, 2005; Baptista, 2006; Pereira & Amador, 2007; Lourenço, 2008; Amorim, 2009; Ternes, Scheid & Güllich, 2009; Vidal, 2009), justificam que a qualidade e a quantidade da História das Ciências seja considerada no processo de avaliação com vista à certificação de manuais escolares. Tal poderá fazer com que se passe a incluir mais conteúdo histórico nos manuais escolares e numa perspetiva atual, facto que contribua para o desenvolvimento da literacia científica dos alunos, incluindo esta a dimensão da natureza das ciências e do conhecimento científico.

5.4 Sugestões para futuras investigações

Os resultados do estudo realizado com autores de manuais escolares indicaram que estes consideram fundamental o papel do professor na exploração do conteúdo histórico constante no manual, podendo, inclusive, recorrer a recursos didáticos auxiliares de cada projeto de manual escolar. Por outro lado, de acordo com os resultados de alguns dos estudos revistos, verificam-se certos problemas relacionados com a utilização de conteúdo histórico no ensino das ciências, por parte dos professores. A título de exemplo, podem-se referir: o recurso a episódios da História das Ciências é uma situação que praticamente não é utilizada nas aulas de Física e de Química (Martins, 2002); os professores consideram a respetiva formação em História das Ciências insuficiente para a sua prática pedagógica (Wang & Cox-Petersen, 2002; Correia, 2003; Amorim, 2009) ou para avaliar corretamente essa mesma dimensão no manual escolar (Amorim, 2009); os professores afirmam raramente avaliar os alunos em conteúdos relativos à História das Ciências (Correia, 2003); os professores consideram que a História das Ciências é importante mas dispõem de poucos materiais (Wang & Cox-Petersen, 2002).

Assim, perante o exposto parece-nos importante realizar-se um estudo que dê indicações sobre a forma como os professores utilizam a história do Átomo nas suas aulas. Poder-se-ia investigar um conjunto de questões, no que respeita aos professores, como por exemplo: Cingem-se ao que está no manual? Utilizam os recursos didáticos que integram cada projeto de manual escolar? Utilizam outras fontes para procurar informação? Realizam atividades de aprendizagem relacionadas com o tema? Incluem o conteúdo histórico nos testes ou em questões de aula? Este estudo poderia servir para dar pistas para os professores poderem incluir mais e fazer uma melhor utilização da História das Ciências nas suas aulas, nomeadamente através de uma otimização dos recursos didáticos disponíveis, quer nos manuais quer nos respetivos recursos auxiliares, fazendo uso de outras fontes, ou realizando atividades de

aprendizagem que incluíssem conteúdo histórico.

Outro estudo que seria pertinente vir a realizar-se seria o de perceber a forma como os alunos reagem aos conteúdos históricos acerca do Átomo abordados pelos seus professores. Poder-se-iam investigar algumas questões, relativas aos alunos, como por exemplo: Acha a informação histórica importante? Entenderam os contextos que condicionaram as descobertas relativas aos modelos atômicos? Perceberam as relações entre os diferentes modelos atômicos? Que ideia têm dos cientistas que intervieram na história do Átomo? Este estudo serviria para se ter uma ideia mais sistematizada da forma como os alunos reagem aos conteúdos históricos lecionados nas suas aulas, se entenderam melhor os conceitos científicos através da introdução de uma abordagem histórica e permitiria ver que influência teve na imagem que têm dos cientistas e de como funcionam as ciências. Permitiria ainda concluir se entenderam como evoluem as ciências, se através de avanços e recuos, como fruto de uma dada época e de todo um conjunto de fatores sociais, políticos, científicos, tecnológicos, etc.

Um outro estudo a realizar poderia consistir na análise do conteúdo histórico acerca do Átomo incluído nos recursos auxiliares dos manuais escolares: caderno de atividades, manual digital, *cd* de apoio ao aluno e livro do professor, atendendo a estes materiais terem sido apontados pelos autores entrevistados como sendo uma importante fonte de recursos históricos para o ensino e aprendizagem.

Por último, tomando em consideração que o objetivo final do ensino das ciências passa, por formar indivíduos que considerem as ciências interessantes e importantes e que consigam aplicar conhecimentos científicos no seu quotidiano, em suma, cuja compreensão dos conceitos científicos esteja contextualizada num leque alargado de competências, podendo-nos referir a uma literacia científica, terá todo o interesse alargar o leque de temas da área da Física e da Química a investigar. Assim, poder-se-iam investigar outros temas, quer da Física quer da Química, no que respeita à respetiva abordagem histórica em manuais escolares, como por exemplo, a contribuição de Lavoisier para a Química, as reações de ácido-base, as leis de Newton, entre outros. Os resultados da investigação poderiam contribuir para a melhoria da Educação em Ciências e, conseqüentemente, para alargar as expectativas de aumento da qualidade da literacia científica dos alunos.

Como referimos no capítulo I, este estudo tem diversas limitações. No entanto, esperamos que, pelos resultados obtidos e pelas implicações que dele derivam, tenha dado uma pequena contribuição para uma integração mais fundamentada da História das Ciências, em geral, e do

Átomo, em particular, em manuais escolares do ensino básico e secundário. Esperamos ainda que as sugestões para futuras investigações que aqui apresentámos, e outras que dele poderão ser certamente derivadas, contribuam para o desenvolvimento de uma área de investigação relevante para a Educação em Ciências como é a da utilização da História das Ciências no ensino das ciências, pela importante contribuição que esta pode dar para a formação integral, não só de cidadãos comuns, mas também de especialistas em ciências e tecnologia.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Aikenhead, G. (2009). *Educação Científica para todos*. Mangualde: Edições Pedagogo.
- Alarcão, I. & Roldão, M. (2008). *Supervisão: um contexto de desenvolvimento profissional dos professores*. Mangualde: Edições Pedagogo.
- Alonso, L. (2007). Desenvolvimento profissional dos professores e mudança educativa: uma perspetiva de formação ao longo da vida. In Flores, M. A. & Viana, I. (Orgs.). *Profissionalismo docente em transição: as identidades dos professores em tempos de mudança*. Braga: CIEed, 109-129.
- Alvarez, M. (2005). O museu de ciência: espaço da História da Ciência. *Ciência & Educação*, 11 (1), 53-62.
- Amorim, A. (2009). *A História das Ciências e a adoção de Manuais Escolares: uma investigação com manuais escolares e professores de Ciências Físico-Químicas, centrada no tema "Viver Melhor na Terra"*. Dissertação de Mestrado, Universidade do Minho. Disponível em: <http://repositorium.sdum.uminho.pt/handle/1822/7997>.
- Baptista, R. (2006). *A História da Ciência no ensino das Ciências da Natureza: um estudo com manuais escolares do 6º ano de escolaridade e seus autores*. Dissertação de Mestrado, (não publicada), Universidade do Minho.
- Bardin, L. (1977) *Análise de conteúdo*. Lisboa: edições 70.
- Bensaude-Vincent, B. & Stengers, I. (1992). *História da Química*. Lisboa: Instituto Piaget.
- Bogdan, R. & Biklen, S. (1994). *Investigação qualitativa em educação*. Porto: Porto Editora.
- Bybee, R. (1997). *Achieving scientific literacy: from purposes to practices*. Portsmouth. Heinemann.
- Brigas, M. (1997). *Os manuais escolares de Química do Ensino Básico: opiniões dos professores sobre a sua utilização*. Dissertação de Mestrado (não publicada), Universidade de Aveiro.
- Brush, S. (2000). Thomas Kuhn as a historian of science. *Science & Education*, 9, 39-58.
- Campos, C. (1996). *Imagens de Ciência veiculadas por manuais de Química do Ensino Secundário: implicações na formação de professores de Física e Química*. Dissertação de Mestrado (não publicada), Universidade de Aveiro.
- Cardoso, A. (2002a). *Modelos mentais sobre o Átomo: um estudo com alunos do 8º ao 12º anos de escolaridade*. Dissertação de Mestrado (não publicada), Universidade do Minho.
- Cardoso, M. (2002b). *A História da Química em manuais escolares de Química dos 9º e 11º anos de escolaridade*. Dissertação de Mestrado (não publicada), Universidade do Minho.
- Chalmers, A. (1998). Retracing the ancient steps to atomic theory. *Science & Education*, 7, 69-84.
- Chiappetta, E. et al. (1991). A method to quantify major themes of scientific literacy in science textbooks. *Journal of Research in Science Teaching*, 28, 713-725.
- Clericuzio, A. (2006). Teaching chemistry and chemical textbooks in France: From Beguin to Lemery. *Science & Education*, 15, 335-355.

- Cohen, L. & Manion, L. (1994). *Research methods in education*. Londres: Routledge.
- Correia, S. (2003). *A utilização da História da Ciência no ensino da Química: contributos para o seu diagnóstico*. Dissertação de Mestrado, (não publicada), Universidade do Minho.
- DEB (2001). *Currículo Nacional do Ensino Básico: Competências Essenciais*. Lisboa: Ministério da Educação.
- DEB (2002). *Ciências Físicas e Naturais: Orientações Curriculares – 3º Ciclo*. Lisboa: Ministério da Educação.
- DES (2001). *Programa de Física e Química A, 10º ano*. Lisboa: Ministério da Educação.
- DeBoer, G. (2000). Scientific Literacy: another look at its historical and contemporary meanings and its relationship to science education reform. *Journal of Research in Science Teaching*, 37 (6), 582-601.
- De Ketele, J. & Roegiers, X. (1993). *Metodologia da recolha de dados: fundamentos dos métodos de observações, de questionários, de entrevistas, e de estudo de documentos*. Lisboa: Instituto Piaget.
- DGI (2007). *Educação da ciência AGORA: uma pedagogia renovada para o futuro da Europa*. Luxemburgo: Comissão Europeia.
- DGIDC (2004 a). *Programa de Física, 12º ano*. Lisboa: Ministério da Educação.
- DGIDC (2004 b). *Programa de Química, 12º ano*. Lisboa: Ministério da Educação.
- Domingues, M. & Duarte, M. (2008). A História da Ciência no ensino básico: uma intervenção pedagógica no tema “Origem da vida”. In *Atas do XXI Congresso ENCIGA*. Carballino: Enciga.
- Duarte, M. (1999). Investigação em Ensino das Ciências: Influências ao nível dos manuais escolares. *Revista Portuguesa de Educação*, 12 (2), 227-248..
- Duarte, M. (2004). A História da Ciência na prática de professores portugueses: implicações para a formação de professores de ciências. *Ciência & Educação*, 10 (3), 317-331.
- Duarte, M. (2007). A História da Ciência na educação em ciências. Da investigação realizada ao seu impacte no processo de ensino-aprendizagem. *Tecne, Episteme Y Didaxis*, 22, 86-106.
- Duschl, R. (2004). Relating History of Science to learning and teaching science: using and abusing. In Flick, L. & Lederman, N. (Eds.). *Scientific inquiry and nature of science: implications for teaching, learning and teacher education*. AH Dordrecht: Kluwer Academic Publishers, 319-330.
- Enciclopédia Larrouse. (2007). *Temas e debates*. Porto Alto: Grupo Cofina Media.
- Erduran, S. & Scerri, E. (2002). The nature of chemical knowledge and chemical education. In Gilbert, J. et. al. (Eds.). *Chemical Education: towards research-based practice*. Londres: Kluwer Academic Publishers, 7-27.
- Esteban, S. (2003). La perspectiva histórica de las relaciones Ciencia-Tecnología Sociedad y su papel en la enseñanza de las ciencias. *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias*, 2 (3), 399-415.
- Figueiroa, A. (2001). *Actividades laboratoriais e educação em ciências. um estudo com manuais escolares de Ciências da Natureza do 5º ano de escolaridade e respectivos autores*. Dissertação de Mestrado, Universidade do Minho. Disponível em:

<http://repositorium.sdum.uminho.pt/handle/1822/7997>.

Finley, F. (1994). Por qué los estudiantes tienen dificultades para aprender de los textos de ciencias. *In* Santa, C. & Alverman, D. (comp). *Una Didáctica de las ciencias: procesos y aplicaciones*. Buenos Aires: AIQUE Didáctica, 59-69.

Gagliardi, R. (1988). Cómo utilizar la Historia de las Ciencias en la enseñanza de las ciencias. *Enseñanza de las Ciencias*, 6(3), 291-296.

Ghiglione, R. & Matalon, B. (1993). *O inquirido: teoria e prática*. Oeiras: Celta Editora.

Gil, D., Solbes, J. & Vilches, A. (2001). Papel de las interacciones CTS en el futuro de la enseñanza de las ciencias. *In* Membiela, P. (Ed.). *Enseñanza de las ciencias desde la perspectiva ciencia – tecnología – sociedade: formación científica para la ciudadanía*. Madrid: Narcea. S. A. Ediciones, 221 - 231.

Gilbert, J. & Treagust, D. (2009). Introduction: macro, submicro and symbolic representations and the relationship between them: key models in Chemical Education. *In* Gilbert, J. & Treagust, D. (Eds.). *Multiple representations in chemical education. models and modelling in science education*. Dordrecht: Springer, 1-8.

Gonçalves-Maia, R. (2006). O legado de Prometeu: Uma viagem na História das Ciências. Lisboa: Escolar Editora.

Gratton, L. (1986). Matéria. *In* Gil, F. (Ed.). *Enciclopédia Einaudi Volume 9: Matéria-Universo*. Porto. Imprensa Nacional-Casa da Moeda, 121-173.

Henriques, M. & Pedrosa, M. (2003). Encurtando distâncias entre escolas e cidadãos: *Enredos ficcionais e educação em ciências*. *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciências*, 2(3). Disponível em <http://www.saum.uvigo.es/reec/> (acedido em 15 de julho de 2011).

Hodson, D. (1998). *Teaching and learning science: towards a personalized approach*. Buckingham: Open University Press.

Hodson, D. (2008). *Towards scientific literacy: a teacher's guide to the History, Philosophy and Sociology of Science*. Rotterdam: Sense Publishers.

Hernández González, M. & Prieto Pérez, J. (2000). Um currículo para el estudio de la Historia de la Ciencia en secundaria (la experiencia del Seminario Orotava de la Historia de la Ciencia). *Enseñanza de las Ciencias*, 18 (1), 105-112.

Holliday, W. (1994). Cómo ayudar a los estudiantes a aprender con efectividad por medio de los textos de ciencias. *In* Santa, C. & Alverman, D. (Comp). *Una didáctica de las ciencias: procesos y aplicaciones*. Buenos Aires: AIQUE Didáctica, 59-69.

Jenkins, E. (1991). The History of Science in british schools: retrospect and prospect. *In* Matthews, M. (Ed.). *History, Philosophy and Science Teaching: selected readings*. Toronto: OISE Press, 33 - 41.

Johnsen, E. (1996). *Libros de texto en el calidoscopio: estudio crítico de la literatura y la investigación sobre los textos escolares*. Barcelona: Ediciones Pomares-Corredor, S.A..

Kauffman, G. (1991). History in the chemistry curriculum. *In* Matthews, M. (Ed.). *History, Philosophy and Science Teaching: selected readings*. Toronto: OISE Press, 185-200.

Kuhn, T. (1998). *A estrutura das Revoluções Científicas*. São Paulo: Editora Perspetiva.

La Cotardière, P. (2010). *História das Ciências. Da antiguidade aos nossos dias*. Lisboa: Edições

texto & grafia.

Lee, C. & Spratley, A. (2010). *Reading in the disciplines: the challenges of adolescent literacy*. Nova Iorque, NY: Carnegie Corporation of New York.

Leite, L. (1986). *Teaching Science through History: a comparative study in England and Portugal of the use of the History of Science in the teaching of Physical Sciences*. Dissertação de Mestrado (não publicada), Universidade de Londres, Instituto da Educação.

Leite, L. (2002). History of Science in science education: development and validation of a checklist for analysing the historical content of science textbooks. *Science & Education*, 11, 333-359.

Lessard-Hébert, M., Goyette, G. & Boutin, G. (1990). *Investigação qualitativa: fundamentos e práticas*. Lisboa: Instituto Piaget.

Lombardi, O. (1997). La pertinencia de la historia en la enseñanza de ciencias: argumentos e contraargumentos. *Enseñanza de las Ciencias*, 15(3), 343-349.

Lourenço, I. (2008). A História da Física no ensino da Física: e evolução da descoberta do electromagnetismo na História e no ensino da Física. Universidade Nova de Lisboa. Disponível em: <http://hdl.handle.net/10362/1940>.

Lühl, J. (1992). Teaching of social and philosophical background to atomic theory. *Science & Education*, 1, 193-204.

Manlok-Naamam, R. et al. (2005). Learning science through a historical approach: does it affect the attitudes of non-science-oriented students towards science? *Internacional Journal of Science and Mathematics Education*, 3, 485-507.

Matthews, M. (1991). Ernst Mach and contemporary science education reforms. In Matthews, M. (Ed.). *History, Philosophy and Science teaching: selected readings*. Toronto: OISE Press, 9 - 18.

Matthews, M. (1994). Historia, Filosofia y Enseñanza de las Ciencias. La aproximación atual. *Enseñanza de las Ciencias*, 12 (2), 255-277.

Martinez Losada, C. et al. (1999). Ensinar ciencias en educación primaria: que tipos de atividades realizan los profesores?. In Garcia-Barros S. et al. (Orgs.). *La didáctica de las ciencias: tendencias actuales*. A Coruña: Universidade da Coruña, 199-210.

Martins, A. (Coord.) (2002). *Livro branco da Física e da Química*: Lisboa: Sociedade Portuguesa de Química.

Mintzes, J., Wandersee, J. & Novak, J. (2000). Epílogo: aprendizagem significativa, reestruturação do conhecimento e mudança conceptual: sobre as maneiras de ensinar ciência para a compreensão. In Mintzes, J., Wandersee, J. & Novak, J. (Eds.). *Ensinando ciência para a compreensão: uma visão construtivista*. Lisboa: Plátano, 286-304.

Morgado, J. (2004). *Manuais escolares: contributo para uma análise*. Porto. Porto Editora.

Neto, A. & Valente, M. (1991). A História da Ciência no ensino da Física: breves reflexões sobre a situação portuguesa. *Revista Portuguesa de Educação*, 4 (2), 59-67.

Niaz, M. & Rodríguez, A. (2002). How in spite of the rhetoric, History of Chemistry has been ignored in presenting atomic structure in textbooks. *Science & Education*, 11, 433-441.

Niaz, M. & Rodríguez, A. (2005). The oil drop experiment: do physical chemistry textbooks refer to its controversial nature? *Science & Education*, 14, 43-57.

- Nussbaum, J. (2000). História e Filosofia da Ciência para a preparação do ensino construtivista: o caso da teoria das partículas. In Mintzes, J., Wandersee, J. & Novak, J. (Eds.). *Ensinando ciência para a compreensão: uma visão construtivista*. Lisboa: Plátano, 154-179.
- OECD (2000). *Measuring student knowledge and skills: the PISA 2000 assessment of reading, mathematical, and scientific literacy*. Paris: OECD.
- OECD (2003). *The PISA 2003 Assessment framework: mathematics, reading, science and problem solving knowledge and skills*. Paris: OECD.
- OECD (2006). *Assessing scientific, reading and mathematical literacy: a framework for PISA 2006*. Paris: OECD.
- OECD (2009). *PISA 2009 Assessment framework key competencies in reading, mathematics and science*. Paris: OECD.
- Pereira, A. & Amador, F. (2007). A História da Ciência em manuais escolares de Ciências da Natureza. *Revista Eletrónica de Enseñanza de las Ciencias*, 6 (1), 191-216.
- Pereira, A. & Duarte, M. (1998). O manual escolar como facilitador da construção do conhecimento científico: o caso do tema “Reações de Oxidação-Redução” do 9º ano de escolaridade. In Castro, R. et al. (Orgs.). *Manuais escolares: estatuto, funções, história*. Braga: Universidade do Minho, 367-374.
- Prieto, T. et al. (2000). *La materia y los materiales*. Madrid: Editorial Síntesis.
- Reis, P. & Galvão, C. (2008). Os professores de Ciências Naturais e a discussão de controvérsias sociocientíficas: dois casos distintos. *Revista Eletrónica de Enseñanza de las Ciencias*, 7 (3), 746-772.
- Ribeiro-Claro, P. et al. (2004). Educação em Química e ensino de Química: perspectivas curriculares. *Revista Sociedade Portuguesa de Química*, 095 (042), 42-45.
- Roldão, M. (2003). *Gestão do Currículo e avaliação de Competências: As questões dos professores*. Lisboa: Editorial Presença.
- Romano, R. (1993). Átomo e molécula. In Romano, R. (Ed.). *Enciclopédia Einaudi Volume 24: Física*. Imprensa Nacional-Casa da Moeda, 417-446.
- Rosmorduc, J. (1983). *De Tales a Einstein: História da Física e da Química*. Lisboa: Editorial Caminho.
- Roth, K. (1994). Leer los textos de ciencias en busca del cambio conceptual. In Santa, C. & Alverman, D. (comp). *Una didáctica de las ciencias: procesos y aplicaciones*. Buenos Aires: AIQUE Didáctica, 108-137.
- Sakkopoulos, S. & Vitoratos, E. (1996). Empirical foundations of atomism in ancient Greek philosophy. *Science & Education*, 5, 293-303.
- Sánchez Ron, J. (1988). Usos e abusos de la Historia de la Física en la enseñanza. *Enseñanza de las Ciencias*, 6 (2), 179-188.
- Scheffel, L., Brockmeier, W. & Parchmann, I. (2009). Historical material in macro-micro thinking: conceptual change in chemistry education and the history of chemistry. In Gilbert, J. & Treagust, D. (Eds.). *Multiple representations in chemical education. models and modelling in science education*. Dordrecht: Springer, 215-249.
- Sequeira, M. & Leite, L. (1988). A História da Ciência no ensino-aprendizagem das ciências.

Revista Portuguesa de Educação, 1(2), 29-40.

Shamos, M. (1995). *The myth of scientific literacy*. Nova Jérсия: Rutgers University Press.

Silva, J. (2001). A construção do conhecimento em manuais escolares de ciências. In Silva, B. & Almeida, S. (Eds.). *Atas do Congresso Galaico-Português de Psicopedagogia*. Braga: CIED, Universidade do Minho, 169-178.

Silva, J. (2007). *Natureza da ciência em manuais escolares de ciências naturais e de biologia e geologia: imagens veiculadas e operacionalização na perspetiva dos professores e autores*. Tese de Doutoramento, Universidade do Minho. Disponível em: <http://repositorium.sdum.uminho.pt/handle/1822/7334>.

Silva, J. & Silva, P. (2009). *A importância de ser eletrão*. Lisboa: Gradiva.

Solbes J. & Traver M. (1996). La utilización de la Historia de las Ciencias en la enseñanza de la Física y la Química. *Enseñanza de las Ciencias*, 14 (1), 103-112.

Ternes, A., Scheid, N. & Güllich, R. (2009). A História da Ciência em livros didáticos de ciências utilizados no ensino fundamental. In ATAS VII Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências. Florianópolis.

Tormenta, J. (1996). *Manuais escolares – Inovação ou Tradição?* Lisboa: Instituto de Inovação Educacional.

Tuckman, B. (2000). *Manual de investigação em educação*. Lisboa: Fundação Calouste Gulbenkian.

UNESCO (2005). What is the United Nations Literacy Decade?. Disponível em: http://portal.unesco.org/education/en/ev.phpURL_ID=27158&URL_DO=DO_TOPIC&URL_SECTION=201.html (acedido em 10 de julho de 2011).

Wandersee, J. & Roach, L. (2000). Vinhetas históricas interativas. In Mintzes, J., Wandersee, J. & Novak, J. (Eds.). *Ensinando ciências para a compreensão*. Lisboa: Plátano, 248-267.

Wang, H. & Cox-Petersen, A. (2002). A comparison of elementary, secondary and student teachers' perceptions and practices related to History of Science instruction. *Science & Education*, 11, 69-81.

Viana, H. & Porto, P. (2009). The development of Dalton's atomic theory as a case study in the History of Science: reflections for educators in Chemistry. *Science & Education*, 19 (1), 75-90.

Vidal, P. (2009). *A história da ciência nos livros didáticos de química do PNLEM 2007*. Dissertação de Mestrado (não publicada), Universidade de São Paulo.

Vieira, N. (2007). Literacia científica e educação em ciência. Dois objetivos para a mesma aula. *Revista Lusófona de Educação*, 10, 97-108.

Anexos

Anexo 1

Manuais escolares analisados

Identificação dos manuais escolares analisados – 9º ano

Código do M.E.	Título	Autores	Editora	Cidade de Edição	Ano de edição
M9A	Física e Química na Nossa Vida – Viver Melhor na Terra	M. Margarida R. D. Rodrigues e Fernando Morão Lopes Dias	Porto Editora	Porto	2008
M9B	Eu e o Planeta Azul – Viver Melhor na Terra	Noémia Maciel, Ana Miranda e M. Céu Marques	Porto Editora	Porto	2008
M9C	Viver Melhor na Terra – 9º Ano Ciências Físicas e Naturais Componente de Ciências Físico - Químicas	Cremilde Caldeira, Jorge Valadares, Margarida Neves e Margarida Vicente	Didática Editora	Lisboa	2008
M9D	Ciências Físico-Químicas – Universo da Matéria – Viver Melhor na Terra – 9º Ano	Isabel Pires e Sandra Ribeiro	Santillana-Constância	Carnaxide	2008
M9E	Terra- lab – Viver Melhor na Terra Ciências Físico – Químicas 9º ano	Adelaide Amaro Rebelo e Filipa Rebelo	Lisboa Editora	Lisboa	2008
M9F	9 CFQ – Viver Melhor na Terra Ciências Físico – Químicas – 9º ano	Carlos Fiolhais, Manuel Fiolhais, Victor Gil, João Paiva, Carla Morais e Sandra Costa	Texto Editores	Lisboa	2008
M9G	(CFQ) ,	António José Silva, Fernanda Resende e Manuela Ribeiro	Areal Editores	Lisboa	2008
M9H	FQ 9 – Ciências Físico – Químicas 9º ano – Viver Melhor na Terra	M. Neli Cavaleiro e M. Domingas Beleza	Edições ASA	Porto	2008

Identificação dos manuais escolares analisados – 10º ano de Química A

Código do M.E.	Título	Autores	Editora	Cidade de Edição	Ano de edição
M10I	Química A – 10º ano	Carlos Correia, Fernando Pires Basto e Noémia Almeida	Porto Editora	Porto	2007
M10J	Química em Contexto – Química A – 10º Ano	Teresa Sobrinho Simões, Maria Alexandra Queirós e Maria Otilde Simões	Porto Editora	Porto	2007
M10L	Elementos 10	Jorge Magalhães	Santillana- Constância	Carnaxide	2007
M10M	Jogo de Partículas A – Química A	Maria da Conceição Dantas e Marta Duarte Ramalho	Texto Editores	Lisboa	2007
M10N	10 Q	João Paiva, António José Ferreira, Graça Ventura, Manuel Fiolhais e Carlos Fiolhais	Texto Editores	Lisboa	2007
M10O	Química A 10	Aquiles Araújo Barros, Carla Rodrigues e Lúcia Miguelote	Areal Editores	Lisboa	2007
M10P	Física e Química A Manual de Química 10º	Laila Ribeiro	Edições ASA	Porto	2007
M10Q	Química A 10º/11º	M. Domingas Beleza e M. Neli G. C. Cavaleiro	Edições ASA	Porto	2007

Anexo 2

Grelha de análise do conteúdo histórico de manuais escolares de ciências desenvolvida por Leite
(2002)

Dimensions and sub-dimensions (brief explanation)

Type and organisation of the historical information

– *Scientists*

* *scientists' life*

- *biographic data* (at least name, and date of birth and death)
- *personal characteristics* (feelings, character, mood, etc.)
- *episodes/anecdotes* (married to . . . , decapitated by . . .)

* *scientists' characteristics*

- *famous/genius* (intelligent, bright, the most important . . .)
- *ordinary* (fail exams, need to work in order to survive)

– *Evolution of science*

* *type of evolution*

- *mention to a science discovery* (a discovery or historical idea is mentioned)
- *description of a science discovery* (the happening of a certain discovery is described)
- *mention to discreet periods* (two or more periods/discoveries are mentioned but not related)
- *linear and straightforward* (one period is related to the following, keeping the direction)
- *real evolution* (movement 'back and forth' between opinions, including controversies, etc.)

* *responsible people*

- *individual scientists* (a scientist is shown as the only person working for the discovery)
- *group of scientists* (two or more known scientists worked together for the same purpose)
- *scientific community* (the scientists of the time are said to be responsible for the happening)

Materials used to present the historical information

– *Scientists' pictures*

– *Pictures from machines, laboratory equipment, etc.* (once used or discovered by past scientists)

– *Original documents/texts* (produced/written by the scientists themselves; they may be translated)

– *Historical experiments* (experiments once done by or attributed to past scientists)

– *Secondary sources* (texts, models, drawings of equipment not done by scientists/textbook authors)

– *Texts by the textbook author(s)* (essays on a topic/scientist; minimum biographic data are not a text)

– *Other* (e.g., stamps, poetry, paintings)

Correctness and accuracy of the historical information

Contexts to which the historical information is related

– *Scientific* (historical information related to science and maths knowledge available and/or lacking)

– *Technological* (historical information related to the technology available and /or to its lack)

– *Social* (historical information related to the living conditions and acknowledged values of the time)

– *Political* (historical information related to the politics of the time)

– *Religious* (historical information related to the religious beliefs of the time)

cont →

Status of the historical content

- *Role of the historical content in science teaching and learning*
 - * *fundamental* (content matter to be studied)
 - * *complementary* (optional content, at least for some students)
- *Target population*
 - * *all students* (when it has a fundamental status)
 - * *top students* (when the authors say it has a complementary role)
 - * *volunteers* (when the authors consider it optional or put it in boxes apart from the main text)

Learning activities dealing with history of science (asking students to do more than just read)

- *Status of the activities* (deals with their role in the learning process)
 - * *compulsory* (supposed to be done by all the students)
 - * *free* (directed to volunteers)
- *Level of the activities* (has to do with purpose/difficulty)
 - * *normal* (nothing is said about the purpose or difficulty level)
 - * *deepening* (activities are said to promote further learning)
- *Type of activity* (relates to what has to be done to carry it out)
 - * *guided reading* (consists of questions on a 'historical' text)
 - * *bibliographic search* (asks to find information on the history of science and write an essay)
 - * *analysing historical data* (analyse data obtained by past scientists)
 - * *doing historical experiments* (asks to repeat an experiment once done by a scientist)
 - * *other* (e.g., memorising information)

Internal consistency of the book (with respect to the historical information)

- *Homogeneous* (same sort of historical information and way of integrating it throughout the chapters)
- *Heterogeneous* (changes type and way of integrating historical information throughout the chapters)
 - * *a few historically organised chapters*
 - * *a few chapters with historically organised sections*
 - * *sections on the history of science, in some chapters*
 - * *some chapter sections including some historical references*
 - * *chapters and/or chapter sections without historical information*

Bibliography on the history of science

- *History of science books*
 - *Science books with historical information* (although not history of science books)
-

Anexo 3

Grelha de análise do conteúdo histórico incluído na abordagem do Átomo efetuada por manuais escolares de CFQ (9º ano) e de FQ A (10º ano)

Grelha de análise do conteúdo histórico incluído na abordagem do Átomo efetuada por manuais escolares de CFQ (9º ano) e de FQ A (10º ano)

Dimensões e subdimensões

1. Tipo e organização da informação histórica acerca do Átomo

- Cientistas
 - Vida dos cientistas
 - Dados biográficos
 - Características pessoais
 - Episódios da vida pessoal
 - Características profissionais dos cientistas
 - Famosos ou génios
 - Pessoas comuns
 - Evolução do modelo atómico
 - Tipo de evolução
 - Menção a uma descoberta científica
 - Descrição de uma descoberta científica
 - Menção a períodos discretos
 - Evolução linear e unidirecional
 - Evolução real
 - Pessoas responsáveis
 - Cientistas individuais
 - Grupos de cientistas
 - Comunidade científica

2. Material usado para apresentar a informação histórica acerca do Átomo

- Fotografias ou outras representações de cientistas
- Fotografias de máquinas, equipamento de laboratório, etc.
- Documentos / textos originais
- Experiências históricas
- Fontes secundárias
- Textos elaborados por autores de manuais escolares
- Esquemas elaborados por autores de manuais escolares
- Outros

3. Conteúdo histórico sobre o Átomo abordado nos manuais

- Atomismo grego e Ciência grega da Antiguidade
- Atomismo do século XVII
 - - Contribuição:
 - - de Boyle
 - - de Newton
 - - de Gassendi
- Química contemporânea (Séculos XVIII - XIX)
 - - Estudo dos gases
 - - Trabalhos de Lavoisier
- Modelo de Dalton (Século XIX)
 - - Contribuição:
 - - de Proust
 - - de Lavoisier
 - - de Newton

Grelha de análise do conteúdo histórico incluído na abordagem do Átomo efetuada por manuais escolares de CFQ (9º ano) e de FQ A (10º ano) (cont.)

3. Conteúdo histórico sobre o Átomo abordado nos manuais (cont.)

- Modelo atómico de Thomson (Séculos XIX - XX)
 - - Experiências com gases rarefeitos
 - - Descoberta do eletrão por Thomson
 - - Determinação da carga do eletrão por Milikan
- Modelo de Rutherford (Séculos XIX - XX)
 - - Experiências sobre difusão de partículas α
- Modelo de Bohr (Século XX)
 - - Estrutura descontínua da radiação (Max Planck)
 - - Conceito de fóton (Einstein)
- Modelo quântico (Século XX)
 - - Contribuição:
 - - de De Broglie
 - - de Schrödinger
 - - de Heisenberg
 - - de Dirac
- Descoberta do neutrão por Chadwick
- Continuação da exploração do interior do átomo

4. Contexto no qual a informação histórica sobre o Átomo é enquadrada

- Científico
- Tecnológico
- Social
- Político
- Religioso

5. Atividades de aprendizagem relacionadas com a história do Átomo

- Estatuto das atividades
 - Atividades obrigatórias
 - Atividades livres
- Nível das atividades
 - Normal
 - Aprofundamento / Avançado
- Tipo de atividades
 - Leituras guiadas
 - Investigação bibliográfica
 - Análise de dados históricos
 - Realização de experiências históricas
 - Análise de experiências históricas
 - Outros

6. Bibliografia de História das Ciências e/ou do Átomo

- Livros de História das Ciências
- Livros de Ciências com informação histórica
- Sítios da Internet

Anexo 4

Manuais Escolares mais adotados nas disciplinas de CFQ (9º ano) e FQ A (10º ano), no ano letivo de 2009/2010 (dados fornecidos pela DGIDC)

**Manuais Escolares mais adotados nas disciplinas de Ciências Físico-Químicas
(9º ano) e Física e Química A (10º ano), no ano letivo de 2009/2010
(dados fornecidos pela DGIDC)**

Ano de escolaridade	Disciplina	Manual	Editora
9º	Ciências Físico-Químicas	FQ 9	Asa Editores II, SA
9º	Ciências Físico-Químicas	Física e Química na Nossa Vida - 9.º Ano	Porto Editora
9º	Ciências Físico-Químicas	Eu e o Planeta Azul - Ciências Físico-Químicas - 9.º Ano	Porto Editora
10º	Física e Química A - CCH (CT - FE)	10F – A	Texto Editores, Lda.
10º	Física e Química A - CCH (CT - FE)	Química em Contexto - Química A - 10.º Ano	Porto Editora
10º	Física e Química A - CCH (CT - FE)	10F – A	Texto Editores, Lda.

Anexo 5

Manuais escolares cujos autores foram entrevistados

Manuais escolares cujos autores foram entrevistados

	Manual	Autores (código)	Grupo de autores
9º ano	M9B	A9B	A
	M9F	A9F	
10º ano	M10J	B10J	B
	M10N	B10N	

Anexo 6

Protocolo de entrevista utilizado com autores de manuais de Ciências da Natureza (6º ano)
de escolaridade (Figueiroa, 2001)

Guião de entrevista realizada a autores de manuais escolares de CN (Figueiroa, 2001)

A – Caracterização dos autores

As questões seguintes destinam-se a obter algumas informações acerca da sua formação e experiência profissional e também enquanto autora de manuais escolares.

1. Formação académica e experiência profissional

1.1 Caso seja professor, a que grupo pertence?

1.1.1 Onde leciona?

1.1.1.2 Pode dizer-me qual a sua situação profissional?

1.2 Pode dizer-me qual a sua formação académica?

1.2.1 Licenciatura em -

Escola -concluída no ano de -

1.2.2 Mestrado em -

Universidade - concluído no ano de -

1.2.3 Outra. Qual? -

1.4 Alguma vez interrompeu a docência para exercer outras funções? Sim - Não -

1.4.1 Se respondeu sim, que tipo de interrupção teve? -

1.4.2 Atualmente, que funções/cargos desempenha? -

2. Experiência como autor de manuais

Sei que já colaborou na elaboração de vários manuais escolares destinados ao 2º ciclo do Ensino Básico.

2.1 Pode falar-me do que a levou a ser coautora do manual "X" do ano de - ?

Convite? - Ocasão? - Experiência nova? -

Necessidade de colmatar alguma lacuna que detetou? -

Outras razões. Quais?

2.1.1 Foram esses os mesmos motivos que a levaram a publicar, em 2005, o manual "Y"?

2.2 Considera que existem dificuldades ou obstáculos, exteriores aos autores, que interferem na decisão de incluir determinados conteúdos nos manuais? Sim - Não -

Se respondeu **sim**, quais? -

2.3 Considera que conseguiu transpor para o manual as suas ideias (sobre conteúdos, abordagens, atividades, etc.)? Sim - Não - Se respondeu **não**, quais os motivos?

2.4 Pode dizer-me se o número de exemplares vendidos correspondeu às suas expectativas? Sim - Não - Se respondeu não, o que pensa que poderia fazer para incrementar o volume de vendas? -

B – Importância atribuída à História da Ciência

Agora, gostaria de passar a outro assunto, algumas questões de natureza mais específica relacionadas com a História da Ciência.

3.1 No seu entender, a inclusão da História da Ciência traz benefícios para o Ensino das Ciências? Sim - Não -

Se **sim**, que objetivos se podem atingir, de melhor forma, com o uso da HC?

Se **não**, porquê? —

3.2 Verifiquei que inseriu conteúdo histórico nos seus manuais. Em que se baseou para selecionar esses materiais?

3.3 Lecionava Ciências da Natureza do 6º ano de escolaridade? Sim—— Não——

Se respondeu **sim**, como reagem os alunos a estes tipos de conteúdos?

Se respondeu **não**, porque não usa os conteúdos inseridos no seu manual?

3.4 Como professora, pode falar-me da sua atitude perante os conteúdos históricos contidos em outros manuais de CN do 6º ano de escolaridade? —

Parte C da entrevista realizada ao autor A – Razões de inclusão de determinados conteúdos históricos nos manuais.

As questões que se seguem relacionam-se diretamente com aspetos encontrados nos manuais que elaborou, para o 6º ano de escolaridade.

4.1 O manual “*Mistério da Vida*” de 1999 apresentava 2 capítulos com informações históricas (Os micróbios – com o texto da Clara Pinto Correia e Eliminação de Produtos da Atividade Celular – a função renal). Que razões o levaram a incluí-las naquele manual? —

4.1.1 Já no manual “*Mistério da Vida*” de 2005, não incluiu conteúdo histórico em nenhum dos seus capítulos. Porquê? —

4.2 Considera, tal como Duschl (2004), que a inclusão da HC no Ensino das Ciências pode conduzir ao esquecimento dos aspetos fundamentais das Ciências?

4.3 Considera que as orientações do Ministério da Educação (nomeadamente a Reorganização Curricular de 2001 e as Orientações Curriculares para o Ensino Básico), no que diz respeito à HC e à dimensão epistemológica do conhecimento científico, foram tidas em conta na conceção do seu manual escolar? Sim — Não — Porquê?

4.4 A sua formação teve influência na não inclusão de HC nos seus manuais? Sim/Não

4.5 A editora, com quem trabalha, forneceu-lhe orientações que condicionaram o volume e a qualidade dos conteúdos históricos dos seus manuais? Sim/Não

Se **sim**, porquê?

4.6 Hoje faria o manual do mesmo modo no que respeita à HC? Sim — Não —

Se respondeu não, que alterações faria?

4.7 Deseja pronunciar-se sobre algo que não tenha sido questionado e que considere relevante para uma melhor compreensão do seu manual e da sua posição relativamente à utilização da HC no Ensino das Ciências?—

Concluimos a entrevista. Agradeço a sua colaboração.

Anexo 7

Protocolo de entrevista aplicado a autores de manuais escolares de CFQ (9º ano) e de FQA
(10º ano)

Protocolo de entrevista aplicado a autores de manuais escolares de CFQ e de FQA

Apresentação da entrevista

Esta entrevista inclui-se num estudo com vista à elaboração de uma dissertação de mestrado a apresentar à Universidade do Minho, no âmbito do Mestrado em Ciências da Educação – Área de Especialização em Supervisão Pedagógica na Educação em Ciências. Tem como principal objetivo compreender as opções dos autores de manuais escolares de 9º ano e de 10º ano, da área de Física e de Química, sobre a abordagem histórica do Átomo incluída nos respetivos manuais.

Agradeço a sua disponibilidade para colaborar neste trabalho, bem como a sua permissão para audio-gravar a entrevista. Reafirmo a confidencialidade dos dados e a sua utilização exclusiva para fim de investigação.

Parte 1- Questões relacionadas com a caracterização dos autores

Q1 Qual a sua situação profissional?

Q2 Qual a sua formação académica?

Q3 Há quantos anos exerce (ou exerceu) a atividade de docente?

Q4 Alguma vez interrompeu a docência para exercer outras funções?

[se sim,] Que tipo de funções teve?

Q5 Tem alguma formação em História das Ciências (HC)?

[se sim,] Descreva essa formação/ contexto em que foi obtida.

Como classifica essa formação em HC?

[se não,] Gostaria de ter? Porquê?

Parte 2 - Questões relacionadas com conceções e prática de elaboração de manuais escolares

Q6 Em sua opinião, qual é o papel do manual escolar no ensino e aprendizagem?

Q7 Há quantos anos “escreve” manuais escolares? Gosta de fazer isso? Porquê?

Q8 Já colaborou na elaboração de outros manuais escolares?

[Se colaborou,] Por favor, fale-me do que o (a) levou a ser coautor (a)?

[Se não colaborou,] Porquê?

Q9 Conseguiu transpor para o seu manual de [nome do manual] as suas ideias [sobre conteúdos, abordagens didáticas, tipo de atividades, etc.]?

[Se respondeu sim,] Ficou satisfeito?

[Se respondeu não,] Porque razão? Quais foram as dificuldades que encontrou?

Parte 3 – Questões relacionadas com a importância atribuída pelos autores à História das Ciências (HC) no ensino das ciências

Agora, gostaria de passar a outro assunto. Gostaria de lhe colocar algumas questões relacionadas com a HC no ensino das ciências.

Q10 Em seu entender, a inclusão da HC traz benefícios para o ensino das ciências?

[- Se sim,] Quais? Que objetivos se podem atingir ou se podem atingir de melhor forma, com o uso da HC?

Q11 Em sua opinião, como reagem os alunos aos conteúdos históricos inseridos nos manuais? Que explicação tem para essa reação? Haverá diferenças entre as reações de alunos de 3º ciclo e de Ensino Secundário?

[- Se sim,] Quais? A que se deverão?

[- Se não,] Porquê?

Q12 Em sua opinião como deve ser utilizada a HC no ensino das ciências?

Q13 Em seu entender, devem ser tomadas algumas precauções quando se usa a HC no ensino das ciências? Porquê? Se sim, quais?

Parte 4 – Questões relacionadas com os motivos para a inclusão (ou não) da história do Átomo nos manuais

Passemos agora para algumas questões relacionadas com os manuais que elaborou para o 9º /10º ano de escolaridade.

Q14 Relativamente à evolução dos modelos atómicos, verifiquei que inseriu conteúdo histórico nos seu manual. Em que se baseou para o selecionar?

Que preocupações científicas e didáticas teve relativamente a este aspeto?

Que recursos didáticos usou para isso? Porquê?

Ficou satisfeito com o seu manual no que diz respeito à HC? Porquê?

Gostaria de alterar algum aspeto relacionado com a HC? Explique.

Que objetivos pretende que os alunos alcancem?

Que reações espera dos alunos?

Que reações espera dos professores?

Q15 Que papel tiveram as orientações do Ministério da Educação (designadamente as Orientações Curriculares para o Ensino Básico e o Programa de Física e Química A), na conceção do seu manual? Porquê?/ Por favor, explique esse papel. E na decisão sobre a inclusão de HC e, mais propriamente, de história do Átomo?

Parte 5 - Questões relacionadas com as explicações dos autores sobre as características didáticas e científicas da abordagem da história do Átomo nos manuais

Ver de seguida especificação para cada manual.

Concluimos a entrevista. Pretende completar ou alterar alguma das suas respostas?

Agradeço a sua colaboração.

Autor do manual M9B

As questões que se seguem relacionam-se especificamente com aspetos encontrados no manual que elaborou relativamente à história do Átomo.

Q1 Verifiquei que, no seu manual, se faz referência ao Atomismo, ao modelo de Dalton, ao modelo de Thomson, ao modelo de Rutherford, ao modelo de Bohr e ao modelo da nuvem eletrónica. No entanto, pouco se refere sobre a contribuição de outros cientistas para a formulação dos modelos. Por exemplo, no caso do modelo da nuvem eletrónica não se refere a contribuição de De Broglie, de Schrodinger, Heisenberg ou Dirac. Gostaria que me explicasse o porquê disso.

Q2 Relativamente aos cientistas que intervieram na história do Átomo, no manual de que é coautora, surgem alguns dados biográficos (o nome e data de nascimento) mas não se salientam aspetos relacionados com as características e a vida familiar ou profissional dos cientistas. Porquê?

Q3 No que respeita aos diferentes períodos da história do Átomo, constatei que a evolução dos acontecimentos é apresentada, geralmente, de uma forma discreta, sem relação entre si, ou então, de uma forma linear e unidirecional, ou seja, os períodos da evolução do modelo atómico surgem relacionados, mas não se apresentam os avanços e recuos, incluindo as controvérsias. Gostaria que me explicasse o porquê disso.

Q4 Relativamente ao material usado para apresentar a informação histórica acerca do Átomo constatei que se privilegiaram as fotografias de cientistas, esquemas de modelos atómicos, uma Cronologia, e um esquema ilustrativo da experiência de Rutherford. Como explica essa escolha? Que mais-valia educativa relativa introduzem, em sua opinião, estes diversos materiais?

Q5 No manual de que é coautora a informação histórica acerca do Átomo é enquadrada num contexto científico e tecnológico, isto é, a informação histórica surge relacionada com o conhecimento científico ou matemático disponível, ou com a falta desses conhecimentos e com a tecnologia da época, ou em falta. Porquê? Por que acham isso importante?

Q6 Verifiquei que surgem algumas atividades relacionadas com a história do Átomo. Por que razão decidiram colocar atividades e porquê daquele tipo (uma questão de análise de dados históricos, e duas outras questões de aprofundamento – uma investigação bibliográfica e uma

atividade de construção de um modelo atômico em plasticina). O que pretendem com isso? Por que acham isso importante?

Verifiquei também que não há referência a sítios da Internet para consulta. A que se deve isso?

Autor do manual M9F

As questões que se seguem relacionam-se especificamente com aspetos encontrados no manual que elaborou relativamente à história do Átomo.

Q1 Verifiquei que, no seu manual, se faz referência ao Atomismo, ao modelo de Dalton, ao modelo de Thomson, ao modelo de Rutherford, ao modelo de Bohr e ao modelo da nuvem eletrónica. No entanto, desenvolve-se mais, por exemplo, o modelo de Rutherford, incluindo a experiência de Rutherford, e menos outros modelos, por exemplo, o de Bohr. A que se deve esta opção?

Q2 Relativamente aos cientistas que intervieram na história do Átomo, no manual de que é coautora, surgem alguns dados biográficos (o nome e data de nascimento) mas não se salientam aspetos relacionados com as características e a vida familiar ou profissional dos cientistas. Porquê?

Verifiquei também que os dados biográficos (e as fotografias) se centram em Demócrito, Dalton, Thomson e Rutherford e menos em cientistas posteriores. O que levou a essa opção?

Q3 No que respeita aos diferentes períodos da história do Átomo, constatei que a evolução dos acontecimentos é apresentada, geralmente, de uma forma linear e unidirecional, ou seja, os períodos da evolução do modelo atómico surgem relacionados, mas não se apresentam os avanços e recuos, incluindo as controvérsias. Gostaria que me explicasse o porquê disso.

Q4 Relativamente ao material usado para apresentar a informação histórica acerca do Átomo constatei que se privilegiaram as fotografias de cientistas, esquemas de modelos atómicos, uma figura com símbolos de Dalton, e um esquema ilustrativo da experiência de Rutherford. Como explica essa escolha? Que mais-valia educativa relativa introduzem, em sua opinião, estes diversos materiais?

Q5 No manual de que é coautora a informação histórica acerca do Átomo é enquadrada num contexto científico e tecnológico, isto é, a informação histórica surge relacionada com o conhecimento científico ou matemático disponível, ou com a falta desses conhecimentos e com a tecnologia da época, ou em falta. Porquê? Por que acham isso importante?

Q6 Verifiquei que surgem algumas atividades relacionadas com a história do Átomo. Por que razão decidiram colocar atividades e porquê daquele tipo (questões de análise de dados históricos e uma questão de análise de uma simulação computacional). A que se deve isso?

Verifiquei também que há referência a sítios da Internet para consulta ('Para saberes mais sobre...'). O que pretendem com isso? Por que acham isso importante?

Autor do manual M10J

As questões que se seguem relacionam-se especificamente com aspetos encontrados no manual que elaborou relativamente à história do Átomo.

Q1 Verifiquei que, no seu manual, se privilegiaram os modelos mais recentes do Átomo (modelo de Bohr, modelo quântico) e que se desenvolveram menos aspetos relacionados com modelos anteriores (atomismo grego, modelo de Dalton, modelo de Thomson, modelo de Rutherford, ...). A que se deve esta opção?

Q2 Relativamente aos cientistas que intervieram na história do Átomo, no manual de que é coautora, surgem alguns dados biográficos (o nome e data de nascimento) mas não se salientam aspetos relacionados com as características e a vida familiar ou profissional dos cientistas. Porquê?

Verifiquei também que os dados biográficos (e as fotografias) se centram mais nos cientistas que contribuíram para o modelo de Bohr e menos em cientistas anteriores (Dalton, Thomson, Rutherford, entre outros). O que levou a essa opção?

Q3 No que respeita aos diferentes períodos da história do Átomo, constatei que só no caso do modelo de Bohr e do modelo da nuvem eletrónica se refere o papel da comunidade científica e se mostra a evolução real dos acontecimentos, ou seja, os períodos da evolução do modelo atómico surgem relacionados, apresentando-se os avanços e recuos, incluindo as controvérsias. Os outros períodos da história do Átomo, são apresentados de forma discreta (ou descontínua) fazendo-se referência somente ao trabalho de um cientista. Gostaria que me explicasse o porquê disso.

Q4 Relativamente ao material usado para apresentar a informação histórica acerca do Átomo constatei que se privilegiaram as fotografias de cientistas (relacionadas com os modelos mais atuais do átomo), esquemas de modelos atómicos e um texto resumo sobre os modelos atómicos. Como explica essa escolha? Que mais-valia educativa relativa introduzem, em sua opinião, estes diversos materiais?

Q5 No manual de que é coautora a informação histórica acerca do Átomo é enquadrada num contexto científico e tecnológico, isto é, a informação histórica surge relacionada com o conhecimento científico ou matemático disponível, ou com a falta desses conhecimentos e com a tecnologia da época, ou em falta. Porquê? Por que acham isso importante?

Q6 Verifiquei que as atividades relacionadas com a história do Átomo não são em número muito elevado. A que se deve isso? Por outro lado, há referência a sítios da Internet para consulta ('Onde procurar mais informação'). O que pretendem com isso? Por que acham isso importante?

Autor do manual M10N

As questões que se seguem relacionam-se especificamente com aspetos encontrados no manual que elaborou relativamente à história do Átomo.

Q1 Verifiquei que, no seu manual, se desenvolvem os modelos mais recentes do Átomo, (o modelo de Bohr e o atual o modelo quântico do átomo) e que se desenvolveram menos aspetos relacionados com modelos anteriores (atomismo grego, modelo de Dalton, modelo de Thomson, modelo de Rutherford, ...). Por exemplo, as experiências de Thomson e de Rutherford são pouco desenvolvidas. A que se deve esta opção?

Q2 Relativamente aos cientistas que intervieram na história do Átomo, no manual de que é coautor, surgem alguns dados biográficos (datas de uma descoberta ou de uma teoria) mas não se salientam aspetos relacionados com as características e a vida familiar ou profissional dos cientistas. Porquê?

Q3 No que respeita aos diferentes períodos da história do Átomo, constatei que, mais concretamente, no caso do modelo de Bohr e no atual modelo quântico do átomo, se faz maior referência ao papel da comunidade científica e se mostra a evolução real dos acontecimentos, ou seja, os períodos da evolução do modelo atómico surgem relacionados, apresentando-se os avanços e recuos, incluindo as controvérsias. O mesmo não se verifica nos outros períodos da história do Átomo. Gostaria que me explicasse o porquê disso.

Q4 Relativamente ao material usado para apresentar a informação histórica acerca do Átomo constatei que se privilegiaram as fotografias de cientistas, esquemas de modelos atómicos e um esquema interpretativo da experiência de Rutherford. Como explica essa escolha? Que mais-valia educativa relativa introduzem, em sua opinião, estes diversos materiais?

Q5 No manual de que é coautor a informação histórica acerca do Átomo é enquadrada num contexto científico e tecnológico, isto é, a informação histórica surge relacionada com o conhecimento científico ou matemático disponível, ou com a falta desses conhecimentos e com a tecnologia da época, ou em falta. Porquê? Por que acham isso importante?

Q6 Verifiquei que surgem algumas atividades relacionadas com a história do Átomo. Por que razão decidiram colocar atividades e porquê daquele tipo (questões de análise de dados históricos). No entanto, não há referência a bibliografia de História das Ciências (livros, sítios da Internet). Gostaria que me explicasse o porquê disso.

ANEXO 8

Transcrição de entrevistas realizadas a dois autores de manuais escolares, um de 9º ano, outro de 10º ano

Entrevista realizada ao autor A9F

Apresentação da entrevista

Esta entrevista inclui-se num estudo com vista à elaboração de uma dissertação de mestrado a apresentar à Universidade do Minho, no âmbito do Mestrado em Ciências da Educação – Área de Especialização em Supervisão Pedagógica na Educação em Ciências. Tem como principal objetivo compreender as opções dos autores de manuais escolares de 9º ano e de 10º ano, da área de Física e de Química, sobre a abordagem histórica do Átomo incluída nos respetivos manuais.

Agradeço a sua disponibilidade para colaborar neste trabalho, bem como a sua permissão para áudio-gravar a entrevista. Reafirmo a confidencialidade dos dados e a sua utilização exclusiva para fim de investigação.

Parte 1- Questões relacionadas com a caracterização dos autores

I (Q1) - Qual a sua situação profissional?

A - Neste momento sou estudante de doutoramento praticamente a tempo inteiro, continuo a trabalhar na formação de professores, temos aí algumas formações a decorrer, estamos em alguns projetos paralelos, manuais, manuais multimédia, mas não estou no terreno, escola secundária ou básica, embora esteja aqui com o Prof. João Paiva a coadjuvar algumas cadeiras do mestrado do ensino da Física e da Química.

I (Q2) - Qual a sua formação académica?

A - A minha formação base é Química, ramo educacional na Faculdade de Ciências, quer entretanto já o resto, portanto o percurso?

I – Pode dizer, se quiser, vou-lhe perguntar à frente....

A – Em termos académicos tenho licenciatura em Química, ramo educacional, um Mestrado em Educação Multimédia e agora estou no 2º ano de doutoramento em Ensino das Ciências.

I (Q3) - Há quantos anos exerce (ou exerceu, neste caso) a atividade de docente?

A – Já exerci, desde 2003, com outras atividades pelo meio, mas algumas incursões na escola..

I (Q4) - Alguma vez interrompeu a docência para exercer outras funções? Já disse...

Sim, sim, sim.

I (Q5) - Tem alguma formação em História das Ciências (HC)?

A - Tenho, no 3º ano da licenciatura em Química, em que agora entretanto estará á reformulado mas, no meu tempo, tínhamos uma cadeira chamada “ História e Filosofia das Ciências”, uma cadeira semestral e agora, no 1º ano do doutoramento, tivemos também uma unidade curricular que era “Epistemologia e História das Ciências”.

I - E como classifica essa formação em HC?

Para mim foi interessante porque é uma área que eu gosto e realmente tenho algum interesse e portanto aquela formação para mim foi interessante, aprendi e fez-me ter uma perspetiva um bocadinho diferente da utilidade da dita cuja HC que, às vezes nos parece ali um pouco desinteressante ou pouco útil, mas que depois se revela, para mim foi positivo.

Parte 2 - Questões relacionadas com conceções e prática de elaboração de manuais escolares

I (Q6) – Agora sobre os manuais escolares. Em sua opinião, qual é o papel do manual escolar no ensino e

aprendizagem?

A - O ME para mim essencialmente funciona como um instrumento de trabalho mais virado/dirigido ao aluno, naturalmente que o professor, e como selecionador do ME, tem uma opinião importante, mas o manual para mim é pensado e dirigido aos alunos, portanto, como um complemento de estudo [...] normalmente como um complemento que pode funcionar muito bem em casa, para complementar aquilo que o professor esteve a ensinar, para aplicar determinados conhecimentos, para uma leitura mais aprofundada de algumas temáticas, portanto, essencialmente, como um complemento e instrumento de trabalho para os alunos.

I (Q7) - Há quantos anos “escreve” manuais escolares? Gosta de fazer isso? Porquê?

A - Há 5 anos, sim, vai fazer 5 anos, estamos quase em 2011, comecei em 2006, o 1º saiu em 2006, com o 7º ano, gosto, gosto de escrever, até porque é um exercício que nos faz às vezes ter a noção de que temos de descer a algum pormenor, temos que esmiuçar, aquilo que para nós é tão óbvio e que falamos com tanta facilidade, quando estamos a pôr no papel e a pensar que vai ser um menino de 7º e de 8º ou de 9º a ler aquilo, às vezes exige um exercício de refinamento e de alguma simplicidade quando estamos a tentar, eu acho que é Gosto muito disso, certamente.

I (Q8) - Já colaborou na elaboração de outros manuais escolares?

A - Além deste do 9º ano, sim, portanto, tenho no 7º ano e 8 CFQ e uma perninha pequenina no 10º ano com uma atividadezinha ou outra.

I (Q9) - Conseguiu transpor para o seu manual (9CFQ) as suas ideias [sobre conteúdos, abordagens didáticas, tipo de atividades, etc.]?

A - Sim, sim, pronto, no nosso caso nós somos uma equipa grande, nós somos 6, 6 autores, e, portanto, há sempre aqui uma negociação de algumas ideias, que, enfim, às vezes não são iguais, as perspetivas não são as mesmas em tudo, mas, no geral, acho que sim, então na parte da Química que foi a que eu trabalhei mais de perto, com o Prof. João Paiva e o Doutor Vitor Gil que são da Química, depois temos os da Física que fazem um trabalho mais...., depois cruzamos ali, mas acho que sim, globalmente sim, identifico-me com os conteúdos e com as propostas que aqui deixamos e que, claro, podemos melhorar sempre.

Parte 3 – Questões relacionadas com a importância atribuída pelos autores à História das Ciências (HC) no ensino das ciências

Agora, gostaria de passar a outro assunto. Gostaria de lhe colocar algumas questões relacionadas com a HC no ensino das ciências.

I (Q10) - Em seu entender, a inclusão da HC traz benefícios para o ensino das ciências?

[- Se sim,] Quais? Que objetivos se podem atingir ou se podem atingir de melhor forma, com o uso da HC?

A - Ok, muito bem, então é assim, nessas tais disciplinas que eu lhe falei que tinha tido quer na licenciatura quer depois, agora, no doutoramento, aquilo que nos foi, mais até nesta última, se calhar porque está mais fresco na ideia do que na primeira, mas aquilo que nos foi muito vincado e muito passado era que a epistemologia, enquanto ramo da filosofia, procura como é que a ciência se constrói, como é que ela evoluiu, que esta coisa que nós vulgarmente chamamos ciência, às vezes sem percebermos muito bem, a ideia com que eu fiquei é que realmente há, esta HC constitui um guia muito importante no ensino das ciências e há dois pontos que na literatura são apontados e muitos autores defendem como sendo cruciais, que é a ideia que se nós levarmos a HC para os manuais ou, neste caso, para a prática pedagógica, para a escola, para o terreno, essa HC pode-nos ajudar a perceber as dificuldades que os alunos têm em alguns conteúdos, por exemplo, as conceções alternativas ou mesmo erróneas que eles têm, porque de acordo com essa tal literatura, o que muitas vezes acontece é que essas dificuldades que os alunos têm muitas vezes coincidem com as dificuldades que os cientistas, neste caso, por exemplo, na história do Átomo, tiveram no passado, portanto há aí uma coincidência. Portanto, defendem também a ideia de que se nós tivermos noção dessas dificuldades e dessas conceções menos corretas que eles têm, podemos também, de alguma forma, construir estratégias, metodologias, para tentar suprimir essas dificuldades. Embora, pronto, eu concorde perfeitamente com isso, há depois outros aspetos que são apontados, como, por exemplo, a História, ao ser introduzida, ajudar a fomentar uma ideia mais positiva da ciência, até porque há quem poderá ter a ideia mais negativa, até porque há momentos históricos que não foram propriamente muito interessantes, naturalmente, trazer ao de cima a perspetiva

CTSA, não é, aquele cogumelo do nosso currículo atualmente, entre outros aspetos que eu acho que são importantes, muito embora, eu identifico-me completamente com esta ideia, mas também há autores que dizem, e a Cristina, que está nesta guerra, certamente já tem visto isto, que acham que, pois muito bem, a HC foi interessante, mas esses conhecimentos passados, embora importantes e interessantes já estão, de alguma forma, absorvidos naquilo que nós hoje temos como conhecimento científico atual, e, portanto, acham que a HC, por isso, não tem grande interesse. Mas, pronto, eu, como autora, ou como professora de Físico-Química, essencialmente acho que sim, acho que ela tem interesse, não uma História onde só se põem nomes, senhores, datas e assim tópicos desgarrados, mas contextualizada com os conteúdos, e acho que sim, dá ideia da evolução e da própria natureza da ciência que eu acho que é importante que os alunos percebam.

I (Q11) - Em sua opinião, como reagem os alunos aos conteúdos históricos inseridos nos manuais? Que explicação tem para essa reação? Haverá diferenças entre as reações de alunos de 3º ciclo e de Ensino Secundário?

A - Enfim, pronto, eu não tenho tanto essa experiência de estar no terreno, para eu, enquanto professora perceber, mas, assim, a suspeita que eu tenho é que, se calhar, os alunos do secundário, aqueles que estão mais interessados, porque se não estiverem tanto faz do secundário como do básico, podem realmente entender melhor esta questão e ficar com uma ideia mais clara de que realmente a ciência, por exemplo, não começou com o modelo da nuvem eletrónica e que sempre se percebeu que assim era, houve realmente todo este processo desde o atomismo e os vários modelos que foram construídos e acho que para eles isto pode ser interessante para perceberem que a ciência não é um edifício que começou pelo telhado, mas antes cá por baixo, pelos alicerces. No básico, a ideia que eu tenho é que se o professor não esmieuçar um bocadinho mais, não incentivar, não propuser um trabalho, se calhar, paralelo, com esta questão mais histórica, às tantas isto passa mais, isto não sai para o teste, e vira a página e, eventualmente, não leem. Enfim, mas isto é uma impressão que eu tenho um bocadinho de fora, não sei muito bem no terreno como é que isto se passará.

I (Q12) - Em sua opinião como deve ser utilizada a HC no ensino das ciências?

A - Pronto, é isso, acho que ela deve ser utilizada justamente para passarmos a ideia da evolução, portanto de que a ciência é, tal como qualquer outra área, não é, portanto se vai construindo, portanto, houve ideias, houve pessoas, que em determinado momento tiveram determinado tipo de solicitações, não foram génios, que às vezes há um bocado essa ideia, ei aquele é que realmente foi um génio, enfim, teve aquele momento inteligente e de oportunidade, mas viveu dos conhecimentos dos outros todos, como nós agora também vamos absorver os conhecimentos de todas as outras pessoas, eu acho que ajuda eles perceberem que não começámos assim pelo fim, houve um processo de construção e que entretanto daqui a uns anos isto que estamos agora a aceitar e a achar que é verdadeiro vai ser reformulado, estamos sempre num continuum, que a ciência também é muito marcada por uma linha de descontinuidade, muitas vezes o que acontece é que o conhecimento anterior quebra completamente com o novo conhecimento, há uma rutura completa, portanto, o tal descontinuismo que alguns filósofos acabam por defender. Eu acho que neste sentido realmente é bom que eles percebam que há evolução, que há construção, que pensem que a ciência não é um núcleo fechado mas que está continuamente em ligação com a tecnologia e com a sociedade, com o ambiente, aquelas interações constantes. Pronto, eu acho que nesse sentido, eu acho que pode ajudar, e depois o tal momento que falámos há pouco, que é as dificuldades que este Sr. Dalton, que o Rutherford, que o Bohr, por aí fora, se calhar tiveram, muitos dos nossos alunos têm agora as conceções que eles tinham do modelo atómico, eles agora provavelmente terão, e esta parte que é um bocado sensível, porque temos as imagens, os modelos, as bolinhas, pronto, que é, acho que é uma área que é importante explorar isto com eles, as experiências que foram feitas, porque é que eles, na altura, interpretaram assim, e nós agora conseguimos interpretar de outra forma diferente.

I (Q13) - Em seu entender, devem ser tomadas algumas precauções quando se usa a HC no ensino das ciências? Porquê? Se sim, quais?

A - Sim, sim, porque, lá está, se ela for vendida assim aos alunos sem um enquadramento, sem uma explicação, eles podem ficar com a ideia um bocadinho distorcida disto tudo. Por exemplo, idolatrar esta gente e achar que eles foram magníficos, foram, obviamente, mas na escala e no contexto de outros que estavam por trás e apoiaram, os modelos, as bolinhas, estas órbitas, eu estou a focar-me nesta parte porque é o que nós temos aqui no livro em termos de História assim mais evidente, eu acho que é importante isto ser trabalhado, porque senão, se calhar em vez de eles ficarem com a tal ideia positiva, construtiva e de ciência enquanto empreendimento humano, pensam assim “eles é que eram espetaculares, eu agora não percebo nada disto”, não, enfim, eles tinham obviamente a sua inteligência, a sua interpretação. E depois, os modelos, eu acho que é sempre um ponto forte e fraco da ciência, porque nós na ciência, na Química, na Física, em qualquer outra área, nós nunca temos acesso às coisas como elas são na realidade, nós tentamos usar modelos para representar essa mesma realidade e é importante realmente esmieuçar isto com os alunos, porque estas orbitazinhas, estas bolinhas, estes núcleos, pronto, eu acho que aí, se isto não for

trabalhado, eles podem ficar com uma ideia errada e pensar que estamos a falar da mesma coisa, só os desenhos é que são diferentes, ao nível do 9º ano, algum descuido de estudo e algum descuido do professor em esmiuçar isto pode ser mal usada a História, claro.

Parte 4 – Questões relacionadas com os motivos para a inclusão (ou não) da história do Átomo nos manuais

Passemos agora para algumas questões relacionadas com o manual que elaborou para o 9º ano de escolaridade.

I (Q14) - Relativamente à evolução dos modelos atómicos, verifiquei que inseriu conteúdo histórico nos seu manual. Em que se baseou para o selecionar?

A - Ora bem, em relação ao conteúdo histórico, este manual que temos agora aqui no 9º ano, ele nasce ou vive um bocadinho de um manual que existia da Gradiva, portanto, onde já tínhamos aqui algumas incursões históricas, entretanto, ele foi reformulado e procurámos recorrer a bibliografia da especialidade, portanto livros da HC com alguma credibilidade onde efetivamente é feita esta descrição dos vários modelos, depois tivemos que utilizar muito o *delete*, havia muitas palavras difíceis, estamos no 9º ano, não podia ser, mas tentar que eles ficassem com uma ideia de que isto efetivamente se passou desta forma, aqui há algum rigor, mas tentar simplificar esta linguagem, mas tudo o que está, e tal como o resto, tentámos recorrer sempre a bibliografia da especialidade e credível na área, neste caso, da História, mas também da Química.

I - Que recursos didáticos usou para isso? Porquê?

A - Essencialmente os livros da especialidade, algum material disponível na *internet*, de algumas universidades credíveis ou instituições credíveis, a *wikipédia*, embora interessante, não convém facilitar muito, uma data ou outra para confirmar, enfim, porque colocávamos às vezes essas indicações para localizar mais os alunos em termos de cronologia, mas, essencialmente, bibliografia, papel, e credível.

I - Ficou satisfeito com o seu manual no que diz respeito à HC? Porquê?

A - Sim, fiquei, embora, se calhar tenha consciência que nós aqui realmente aprofundamos esta questão da evolução do modelo atómico mas depois, ao longo do manual, se calhar havia outras incursões históricas que não estão cá e que se calhar podiam fazer algum sentido, mas depois aqui também lidamos com a tensão das páginas, da Editora, portanto, há aqui, às vezes, uma série de perspetivas, que, verdade seja dita, enquanto autores e eu, pessoalmente, tenho muito esta perspetiva de que a História é importante, entre, se calhar passar os conteúdos atuais e descartar um bocadinho a perspetiva histórica ou valorizar a perspetiva histórica e esmiuçar pouco os conteúdos, obviamente que optámos pela 1ª opção, privilegiámos os conteúdos e a História aparece como um complemento, sim, também por uma questão de espaço.

I - Gostaria de alterar algum aspeto relacionado com a HC?

A - Pois, lá está, gostaria provavelmente se tivesse a oportunidade de fazer essas incursões, embora nós tenhamos o manual multimédia que serve de apoio ao manual papel, onde temos, por acaso, também em relação a esta parte do modelo atómico, uma aplicação interativa onde eles vão chamando as várias personalidades, vão chamando os vários modelos, tem sempre uma descrição um bocadinho mais aprofundada do que aparece aqui, mas, como lhe digo, nesses estou satisfeita mas, se pudesse, daqui para a frente fazer mais umas incursões históricas, fazia.

I - Que reações espera dos professores?

A - Pronto, em relação aos professores, a sensação que eu tenho é que muitas vezes esta parte histórica é desvalorizada, portanto, não acham que é muito importante, têm de dar a matéria e a matéria é a nuvem eletrónica, portanto, o resto é passado, já foi, se calhar fazem uma passagem muito rápida e esperava realmente que trabalhassem um bocadinho melhor isto e que percebessem que durante esse trabalho estão a apanhar dificuldades dos alunos e que eles próprios vão conseguir reformular a estratégia, aquele perder tempo aparente não vai ser perder tempo, vai levar aos alunos uma perceção melhor desta evolução.

I - Que objetivos pretende que os alunos alcancem? Que reações espera dos alunos?

A - Em relação aos alunos, enfim, esperava naturalmente que no fim disto tudo, mesmo que não sigam Química, neste caso mesmo que não lidem muito perto com estas questões do Átomo, mas que fiquem com a ideia desta

construção, portanto, a ciência como alguma coisa feita por homens, feita por mulheres, algo social, que está sempre em crescente e que hoje é o modelo da nuvem eletrônica, amanhã há-de ser outra coisa qualquer, porventura.

I (Q15) - Que papel tiveram as orientações do Ministério da Educação (designadamente neste as Orientações Curriculares para o Ensino Básico) na conceção do seu manual? Porquê?/ Por favor, explique esse papel. E na decisão sobre a inclusão de HC e, mais propriamente, de história do Átomo?

A - Ora bem, as orientações curriculares, contrariamente aquilo que foram no passado os programas, ela são marcadamente abertas e flexíveis, por isso é que se chamam orientações, e o que nós fizemos, o livro é isso mesmo, é a nossa perspetiva daquelas orientações, é a nossa interpretação, neste caso, deste grupo de 6 professores [...]. daquilo que nos é pedido. Assim, de repente, se eu lhe disser, olhe, não, eu introduzi esta parte do Átomo porque nas orientações, não é verdade, se calhar introduzimos isto porque achámos importante passar aos alunos esta perspetiva, agora se nas orientações eles reforçam muito a parte histórica, a ideia que eu tenho é que nem por isso, portanto, valorizam muito a perspetiva CTSA, os contextos, mas se calhar este percurso histórico, há uma referência ou outra na parte do conhecimento epistemológico, porventura, mas acho que é efetivamente ligeira, por isso, se calhar, os manuais não irem buscar tanto esse aspeto, se calhar, se as orientações reforçassem um bocadinho a importância ou porventura a vantagem que uma perspetiva histórica teria, talvez, se calhar, os livros primassem um bocadinho mais por essa inclusão, ou pelo menos tivessem materiais complementares.

Parte 5 – Questões centradas no manual

As questões que se seguem relacionam-se especificamente com aspetos encontrados no manual que elaborou relativamente à história do Átomo.

I (Q1) - Verifiquei que, no seu manual, se faz referência ao Atomismo, ao modelo de Dalton, ao modelo de Thomson, ao modelo de Rutherford, ao modelo de Bohr e ao modelo da nuvem eletrônica. No entanto, desenvolve-se mais, por exemplo, o modelo de Rutherford, incluindo a experiência de Rutherford, e menos outros modelos, por exemplo, o de Bohr. A que se deve esta opção?

A - Ora bem, esta opção do Rutherford tem a ver com a parte mais experimental, e muito importante e muito conhecida que está inerente à definição do modelo que ele propôs e, portanto, por isso mesmo se faz aqui uma descrição mais pormenorizada, porque entretanto o Bohr vai “beber” um bocadinho ao Rutherford, embora com as devidas adaptações, mas surge na sequência deste, talvez por isso tivéssemos feito este desenvolvimento um bocadinho maior, depois, entretanto, no caderno de atividades, que neste caso não está a analisar, vai-se pedir uma interpretação desta experiência e depois como é que o Bohr vai buscar estes conhecimentos que o Rutherford entretanto propõe, e talvez seja por isso que haja esta densidade tão diferente entre o Rutherford e o Bohr.

I (Q2) - Relativamente aos cientistas que intervieram na história do Átomo, no manual de que é coautora, surgem alguns dados biográficos (o nome e data de nascimento) mas não se salientam aspetos relacionados com as características e a vida familiar ou profissional dos cientistas. Porquê?

A - Lá está, essa tal situação mais biográfica, quem são, o que fizeram, onde nasceram, como é que contribuíram para a História da Ciência está no manual multimédia que tem uma secção que se chama mesmo ‘Biografias’, então nessa secção, neste caso do manual do 9º ano, as várias temáticas que são trabalhadas, nas várias temáticas que nomes foram importantes, que contribuições foram importantes, embora como lhe disse também no início, sem tentar idolatrar aquelas pessoas, mas foram importantes e é preciso referi-las, toda essa informação que me está a perguntar e que nós aqui não temos está no manual multimédia.

I - Verifiquei também que os dados biográficos (e as fotografias) se centram em Demócrito, Dalton, Thomson e Rutherford e menos em cientistas posteriores. O que levou a essa opção?

A - Foi mesmo uma questão de espaço, na tal aplicação apareceu, mas aqui não tínhamos entretanto muita margem, portanto, por sugestão, aparece este lateral, isto já são composições e opções editoriais, portanto, estes senhores que são mais recentes não estão cá, mas foi uma questão de composição. Algumas opções de manual, como vivem desta simbiose, então, não há problema, e porque entretanto temos a parte multimédia que pode completar, então lá aparece o Schrödinger, o Bohr, que aqui não estão.

I (Q3) - No que respeita aos diferentes períodos da história do Átomo, constatei que a evolução dos acontecimentos é

apresentada, geralmente, de uma forma linear e unidirecional, ou seja, os períodos da evolução do modelo atômico surgem relacionados, mas não se apresentam os avanços e recuos, incluindo as controvérsias. Gostaria que me explicasse o porquê disso.

A - É exatamente a mesma perspectiva, o espaço, nós tínhamos como mancha para a parte histórica as duas páginas e depois espera-se, a ideia é “picar” esses assuntos e depois a discussão que é importante, porque isto não foi assim tão linearzinho, houve recuos, houve erros, avanços, espera-se um bocadinho que isso seja também seja um trabalho que o professor possa desenvolver com os alunos ou pedir que os alunos, entretanto, pesquisem alguma coisa com base nestes pequeninos “aperitivos” que se colocam.

I (Q4) - Relativamente ao material usado para apresentar a informação histórica acerca do Átomo constatei que se privilegiaram as fotografias de cientistas, esquemas de modelos atômicos, uma figura com símbolos de Dalton, e um esquema ilustrativo da experiência de Rutherford. Como explica essa escolha? Que mais-valia educativa relativa introduzem, em sua opinião, estes diversos materiais?

A - Aliás, numa era em que tipicamente parece que a imagem é tudo, não é bem assim, mas vivemos muito da imagem, portanto, realmente estas mensagens visuais, é isto que normalmente fica na retina dos alunos. Portanto, a imagem dos cientistas, também por uma questão de associação do nome com a pessoa, por uma questão, também de respeito pelo trabalho que fizeram, naturalmente faz sentido, mas o modelos, e acho que isso é o mais importante do que aqui temos, é justamente isso, tentar que eles percebam, através de uma representação visual, as características que naquela altura os cientistas julgavam que o átomo tinha, portanto, como era o modelo atômico. Mas aqui, eu comecei por dizer isso algures no início, é importante explicar, não era exatamente assim, era a forma que eles encontraram para explicar a realidade que eles não conseguiam ver na altura e que nós agora também não vemos mas que imaginamos que assim é. Portanto, nós ao longo do manual privilegiamos muito as imagens, muito os esquemas, porque é útil para nós passarmos a mensagem, é útil para os alunos, porque no 9º ano, como dizia Piaget e muito bem, os alunos estão num estágio de desenvolvimento concreto, têm que mexer, têm que ver, que sentir, eu acho que é muito interessante para eles e fica-lhes muito mais a imagem do que esta mancha de texto. Pela imagem nós fazemos este trabalho no caderno de atividades que é pedir-lhes uma descrição da situação baseada numa imagem subtraída do texto.

I (Q5) - No manual de que é coautora a informação histórica acerca do Átomo é enquadrada num contexto científico e tecnológico, isto é, a informação histórica surge relacionada com o conhecimento científico ou matemático disponível, ou com a falta desses conhecimentos e com a tecnologia da época, ou em falta. Porquê? Por que acham isso importante?

A - Porque lá está, é importante aqui, no manual todo ou em qualquer apresentação de conteúdo. Porque durante muito tempo pensava-se que os cientistas e a ciência era um mundo à parte, as pessoas ali isoladas, com umas cabeças fabulosas, produziam o conhecimento e nada tinha a ver com a realidade, com o exterior. Era aquilo e não é nada disso, aquilo era assim porque efetivamente a interação das pessoas, a tecnologia, estava num determinado ponto, porque a matemática tinha mais ou menos aquele conhecimento, por isso a ciência vivia dessas interações todas. Portanto, eu acho que é importante e o currículo é a prova disso, e nós, em termos de manual, tentamos transpor, fazer essa transposição, que estávamos nesse ponto, pensava-se assim porque cá fora a tecnologia, porque cá fora a sociedade, porque cá fora o ambiente.... Portanto, havia sempre estas interações, porque senão, se calhar nada disto se teria passado desta forma. Portanto, às vezes, como lhe digo, por uma questão de mancha, esse é um dos pontos fracos dos manuais, às vezes as coisas não estão desenvolvidas ou não estão mais trabalhadas porque não há mais páginas, portanto temos que sempre estes cortes que muitas vezes nos levam a fazer determinadas opções, não dá, às vezes, para desenvolver tudo da forma que gostaríamos.

I (Q6) - Verifiquei que surgem algumas atividades relacionadas com a história do Átomo. Por que razão decidiram colocar atividades e porquê daquele tipo (questões de análise de dados históricos e uma questão de análise de uma simulação computacional). A que se deve isso?

A - As atividades têm, essencialmente, dois propósitos. Um deles é, se efetivamente isto já foi trabalhado, se o professor ou se o aluno também se debateu sobre isto e então vamos ver o que ficou, vamos tentar aplicar, consolidar este conhecimento. Outro propósito é, se porventura isto não foi muito visto ou se passou sem um grande cuidado, depois, entretanto, vão surgir questões, a de alguma forma, entre aspas, obrigá-los a ler alguma coisa daquilo, pelo menos a refletir alguma coisa sobre esta evolução. Portanto, as questões têm um bocadinho este propósito, consolidar e, de alguma forma, obrigar ou levá-los a trabalhar aquela questão. A parte da simulação computacional da experiência de Rutherford, é mesmo isso, nós aqui atrás temos o modelo, a tentativa de representar o que foi a experiência e depois ali, na versão simplificada, se ficou realmente o importante da experiência, então agora já vamos conseguir interpretar o que se passou. Portanto, de alguma forma, embora tenhamos a noção que podíamos ter

desenvolvido mais, se tivéssemos mais tempo para o fazer, mesmo que não o tivéssemos feito, as atividades surgem para aqueles que “mexeram” naquilo, para aqueles que, pelo percurso delineado, até leram, até trabalharam, para aqueles que não o fizeram, se calhar, que fizerem isto, vão ser remetidos para aquela situação.

I - Verifiquei também que há referência a sítios da Internet para consulta ('Para saberes mais sobre...'). O que pretendem com isso? Por que acham isso importante?

A - O “Saber mais”, as linhas que vamos pondo é um bocadinho aquela história de favorecer as elites, elites aqui no bom sentido, claro, alunos que porventura colocam uma questão pertinente ou que querem saber alguma coisa, mas que, entretanto, o professor por algum motivo não tem disponibilidade para resolver ou para responder naquele momento. Ele depois poderá, entretanto, se calhar saber qualquer coisa mais sobre isto e, portanto, deixamos algumas sugestões, aí eles terão informação que podem ir buscar relacionada com isto, que pode ser útil.

Concluimos a entrevista. Pretende completar ou alterar alguma das suas respostas?

Agradeço a sua colaboração.

Entrevista realizada ao autor B10N

Apresentação da entrevista

Esta entrevista inclui-se num estudo com vista à elaboração de uma dissertação de mestrado a apresentar à Universidade do Minho, no âmbito do Mestrado em Ciências da Educação – Área de Especialização em Supervisão Pedagógica na Educação em Ciências. Tem como principal objetivo compreender as opções dos autores de manuais escolares de 9º ano e de 10º ano, da área de Física e de Química, sobre a abordagem histórica do Átomo incluída nos respetivos manuais.

Agradeço a sua disponibilidade para colaborar neste trabalho, bem como a sua permissão para áudio-gravar a entrevista. Reafirmo a confidencialidade dos dados e a sua utilização exclusiva para fim de investigação.

Parte 1- Questões relacionadas com a caracterização dos autores

I (Q1) - Qual a sua situação profissional?

A – Sou professor auxiliar na Universidade do Porto, Faculdade de Ciências.

I (Q2) - Qual a sua formação académica?

A – Licenciatura em Química, Coimbra, mestrado em ensino da Física e da Química, em Coimbra, doutoramento em Química, Universidade de Aveiro, relacionado com simulações computacionais no ensino da Química.

I (Q3) - Há quantos anos exerce (ou exerceu) a atividade de docente?

A – No total, há 22 anos.

I (Q4) - Alguma vez interrompeu a docência para exercer outras funções?

[se sim,] Que tipo de funções teve?

A – Sim, interrompi durante alguns anos para trabalhar numa organização chamada Soft Ciências que produzia *software* educativo para o ensino da Física e da Química.

I (Q5) - Tem alguma formação em História das Ciências (HC)? Gostaria de ter?

A – Não, específica, pois a formação que tive em HC, bem, espere aí, tive unidades curriculares na licenciatura, que me recorde, porque é um tema que por acaso gosto, uma cadeira chamada 'História e Filosofia das Ciências' e tive também no mestrado, mas depois disso não tive mais formação específica.

Parte 2 - Questões relacionadas com conceções e prática de elaboração de manuais escolares

I (Q6) - Em sua opinião, qual é o papel do manual escolar no ensino e aprendizagem?

A – Eu penso que é uma peça importante, chegou-se a alvitrar que seria o fim do manual escolar em papel por causa das dinâmicas de substituição do papel em digital, mas não creio, é um instrumento útil e importante, acho até, por motivos paradoxalmente ecológicos que os professores podiam usar mais o manual, mesmo não sendo ótimo, e menos fichas de trabalho, etc., acho que há muita papelada e o mercado acaba por filtra um bocadinho os manuais, principalmente os que chegam ao ensino secundário, melhores ou piores, com um estilo diferente, acabam todos por ser úteis. Eu penso, para já, que é um papel importante, claro que não é um papel tão central e tão estático e tão fechado como eram outrora. Portanto, é um papel mais aberto, os livros hoje abrem mais para a *internet*, dão *links*, propõem outras atividades, agora, são importantes mesmo do ponto de vista da clarificação dos conceitos, dos fundamentos pedagógicos que podem proporcionar, e são para o aluno e para o professor ferramentas preciosas para ensinar e para aprender Física e Química.

I (Q7) - Há quantos anos “escreve” manuais escolares? Gosta de fazer isso? Porquê?

A – Escrevo manuais escolares, memória *RAM* para trás, devo escrever manuais escolares há 12 anos, vou olhar para trás e procurar o primeiro [...], estou curioso, talvez há 15 anos. Gosto, é um trabalho, eu sempre fiz em equipa, nunca fiz manuais escolares sozinho, é dos trabalhos que faço mais em equipa, é um trabalho que gosto mas que é doloroso do ponto de vista de consumo de tempo, ao contrário de outros trabalhos, eu tive sempre a missão de fazer a génese dos textos e gostava de trabalhar sobre o vazio, ter uma mesa com muitas fontes, e lembro-me, ao contrário de outros trabalhos que podia fazer aos bochechos, eu tinha de me isolar durante um certo tempo, às vezes 12 horas estava isolado, mudava de espaço, tipicamente fazia isto em férias, e, portanto, é um trabalho um bocadinho especial a esse nível, depois tem todas as outras partes finais de burilção, de figuras, de provas e contraprovas, mas o nascimento do livro, digamos assim, é muito mobilizador, mas interessante.

I (Q8) - Já colaborou na elaboração de outros manuais escolares?

A – Este aqui é 1 de 30, talvez. De outras disciplinas, inclusive, em trabalho em manuais de Física, de multimédia, umas disciplinas que houve de multimédia e de Química há muitos, porque é desde o 7º ao 12º ano.

I - Por favor, fale-me do que o (a) levou a ser coautor (a)?

A – Sim, o contacto com pessoas que também estavam aqui no ramo, este é um trabalho que correndo bem, nem sempre está nas nossas mãos nem depende da qualidade do livro, os fenómenos de mercado são tais, eu posso-lhe fazer uma inconfidência que tive livros que venderam pouco numa circunstância, numa determinada editora, pouco agressiva em termos de marketing e que o mesmo conteúdo noutra editora, mais agressiva, já passou a ser bom, entre aspas, e muito escolhido, portanto, prova que há aqui muita incontingência. Mas este é também um exercício, correndo bem, também tem um retorno económico simpático para quem nele colabora. Embora dê muito trabalho, não estou a dizer que é desproporcional, porque também dá muito, muito trabalho. Mas é preciso correr bem e correr bem não depende só do trabalho e da qualidade do trabalho, há muitas variáveis complexas.

I (Q9) - Conseguiu transpor para o seu manual ‘10Q’ as suas ideias sobre conteúdos, abordagens didáticas, tipo de atividades, etc.)?

[Se respondeu sim,] Ficou satisfeito?

[Se respondeu não,] Porque razão? Quais foram as dificuldades que encontrou?

Tipicamente, sim, com a baliza dos programas. A relação entre nós era simpática, íamos conversando, claro que o que aqui está não depende só de mim ou da minha visão pessoal, mas, enfim, respondendo à sua pergunta, não fiquei muito frustrado por coisas que gostaria de ver aqui e não estão. Nalgum aspeto, os programas curriculares hoje em dia facilitam um bocadinho um exercício de fazer um livro, eu senti, poderei ter sentido algum constrangimento até mais no livro do 12º ano de Química do que neste do 10º, mas aqui um pouco também, porque embora eu seja razoavelmente entusiasta do programa de Química do 10º ano, reconheço que às vezes a estrutura conceptual está um pouco dispersa e porque quando fazemos o livro temos de ser reféns do programa, o que por um lado é uma ajuda mas também uma limitação, às vezes algum tipo de conceitos que eu não consegui arrumar ou dar algum contributo para arrumar suficientemente, por causa desse filão curricular que estava essencialmente baseado no contexto e nas temáticas mais CTS, mais do que eventualmente nos conceitos. Mas em todo o caso, enfim, a resposta à sua pergunta é, de uma forma geral, sim.

Parte 3 – Questões relacionadas com a importância atribuída pelos autores à História das Ciências (HC) no ensino das ciências

Agora, gostaria de passar a outro assunto. Gostaria de lhe colocar algumas questões relacionadas com a HC no ensino das ciências.

I (Q10) - Em seu entender, a inclusão da HC traz benefícios para o ensino das ciências?

A – Sim, embora, porque o ensino das ciências não é estático e nós vivemos numa sociedade que vive da memória e da sua história e, se no geral, é importante estarmos conscientes e fazermos ancoragens e identidades pela história que temos na aprendizagem da ciência, isso é importante, os conceitos não aparecerem desgarrados e perceber-se a sua história, sendo até a história, ou podendo ser até um elemento adicional de motivação para o ensino das ciências.

Não quer dizer que nós tenhamos que fazer como estratégia pedagógica que tenhamos que decalcar aquilo que aconteceu historicamente. Agora, a referência aos dados históricos é relevante, é importante, em termos de ensino para formar cidadãos que não só saibam ciência como saibam também integrá-la no contexto socioeconómico em que ela aconteceu e em que nós vivemos.

I (Q11) – Agora esta pergunta não sei se sabe responder porque está com ensino superior, em sua opinião, como reagem os alunos aos conteúdos históricos inseridos nos manuais? Que explicação tem para essa reação?

[- Se sim,] Quais? A que se deverão?

[- Se não,] Porquê?

A – Pois, no acompanhamento que tenho com professores estagiários tenho ideia não reagem da melhor maneira e que tendem a secundarizar, penso eu. No entanto, está nas mãos do professor tentar centralizar isso, quer, por exemplo, incluindo conteúdos relativos à HC nos seus testes, quer criando, por exemplo, atividades que possam motivar um pouco relacionadas com a História da Química, estou a imaginar, se um professor puder criar ou envolver-se num teatro ou numa coisa qualquer relacionada com isso, há pouco tempo estive envolvido, há uns anos, numa peça de teatro que passou aqui no Porto chamada Oxigénio, de Gerarci, e algumas turmas e alguns alunos envolveram-se, e aquele enredo é à volta da descoberta do oxigénio, é muito engraçado, e isso acabou por envolver os alunos no conhecimento de Lavoisier e de outros cientistas notáveis em relação a esse assunto. Portanto, está na mão do professor, agora tenho a ideia que a maioria dos alunos não pica muito... não reage muito bem.

I – E haverá diferenças entre as reações de alunos de 3º ciclo e de Ensino Secundário? Tem essa perceção?

A – Não sei se haverá diferenças, talvez dissesse, que por motivos diferentes, os do secundário poderiam ‘picar’ mais, mas têm uma coisa chamada exame, se aquilo não vem para o exame ou se não é essencial para o exame, eles não ligam.

I (Q12) - Em sua opinião como deve ser utilizada a HC no ensino das ciências?

A – De facto, não a negligenciando, dando-lhe prioridade, também não maçando com isso, mas fazendo referência, não negligenciando, isso é um aspeto importante.

I (Q13) - Em seu entender, devem ser tomadas algumas precauções quando se usa a HC no ensino das ciências?

A – Sim, normalmente temos de ter muito cuidado, não vão os alunos confundir, perceber que se está a falar de HC e, por exemplo, ao falarmos do modelo planetário de Rutherford, é muito bom vincar, sublinhar que foi um modelo importante mas transitório e que aquilo que se conhece hoje, concretamente em relação a esta temática, não implica que os eletrões tenham trajetórias, etc., portanto, chamando a atenção das fragilidades disso. Por outro lado, também, as fragilidades em termos do momento presente, noutros casos também perceber aos alunos que historicamente também existia genialidade, mesmo que se construíssem conceitos que são para nós aberrantes agora, eles eram geniais e espetaculares para a altura e para os recursos experimentais e de conhecimento que existiam.

Parte 4 – Questões relacionadas com os motivos para a inclusão (ou não) da história do Átomo nos manuais

Passemos agora para algumas questões relacionadas com os manuais que elaborou para o 9º /10º ano de escolaridade.

I (Q14) - Relativamente à evolução dos modelos atómicos, verifiquei que inseriu conteúdo histórico no seu manual. Em que se baseou para o selecionar?

A – Em que me baseei do ponto de vista de referências ou da importância de incluir? Bem, aqui nas referências normais isto é uma informação até relativamente já conhecida e tal, a decisão de a colocar tem a ver com uma invocação no programa disso, mas, para além disso, porque tem todo o sentido dar este contributo, nós temos também, quando fazemos os manuais, algumas limitações de mancha e não podemos estender-nos muito, mas aqui no livro, por exemplo, optámos por introduzir uma figura que sintetiza um bocadinho a história do Átomo e que achámos importante, relevante, dá-nos ideia da evolução da ciência, faz uma referência aos principais protagonistas e, portanto, para nós era um bocadinho quase incontornável incluir aqui isto.

I - Que preocupações científicas e didáticas teve relativamente a este aspeto?

A – As científicas, a de ser fiel às fontes e aos modelos que aqui estão. Didáticas, organizando as coisas, fazendo os alunos perceber, através de um texto fácil, que os conceitos foram evoluindo e como foram evoluindo, dando virtude a quem fez estas descobertas intermédias, mesmo que não fossem a última palavra, aproveitando, quando se fala de HC aproveitamos também por reforçar a ideia de que a ciência não tem um carácter estático e que é intrinsecamente dinâmica e que os conceitos evoluem e que assim como ontem evoluíram, aquilo que se sabe hoje, é o menos mau modelo para descrever uma realidade mas que pode mudar. Alguns alunos têm uma visão muito rígida, muito estática da ciência, e com a HC podemos aproveitar-nos para isso, contextualizando os nomes e até imagens dos cientistas, para ajudar esta questão da identidade e tendo também de várias formas, gráficas e na prosa, tentando inserir o aluno na cronologia e nos tempos em que as coisas foram descobertas. Se eu tivesse tempo e se isto não fosse um manual escolar e noutras circunstâncias tentaríamos também fazer referência ao contexto socioeconómico ou cultural de cada um dos cientistas, mas isso não foi possível.

I - Que recursos didáticos usou para isso?

A – Nós usámos imagens e modelos que construímos aqui.

I - Ficou satisfeito com o seu manual no que diz respeito à HC?

A – Sim, achei que era o possível. Há sempre, claro que na HC a pessoa gostaria sempre de dizer mais, mas o resultado final parece-me interessante.

I - Gostaria de alterar algum aspeto relacionado com a HC?

A – Há um lado meu que gostaria de desenvolver um pouco mais, mas tenho que confessar, se eu fizer um *zoom out* e numa visão sistémica das possibilidades do livro e das limitações de mancha gráfica, tenho impressão que é um dos assuntos que não iremos reformular na próxima edição.

I - Que objetivos pretende que os alunos alcancem? Que reações espera dos alunos, dos professores?

A – Já falámos mais ou menos. A nossa ideia é tentar que as pessoas não passem de qualquer maneira ‘como o gato por brasa’ por estes conteúdos históricos, porque eles são relevantes, enfim eles estão aqui, no caso há alguma dignidade, praticamente toda a página 90 é dedicada à HC, à história do Átomo, fala-se também um bocadinho atrás, da evolução atómica e também no primeiro capítulo do livro há algumas referências também à HC.

I (Q15) - Que papel tiveram as orientações do Ministério da Educação Programa de Física e Química A, na conceção do seu manual?

A – Toda, nós quando construímos manuais escolares tentamos ser fiéis em absoluto ao programa.

Parte 5 - Questões centradas no manual

As questões que se seguem relacionam-se especificamente com aspetos encontrados no manual que elaborou relativamente à história do Átomo.

I (Q1) -Verifiquei que, no seu manual, se desenvolvem os modelos mais recentes do átomo, (o modelo de Bohr e o atual o modelo quântico do átomo) e que se desenvolveram menos aspetos relacionados com modelos anteriores (atomismo grego, modelo de Dalton, modelo de Thomson, modelo de Rutherford, ...). Por exemplo, as experiências de Thomson e de Rutherford são pouco desenvolvidas. O que eu verifiquei que A que se deve esta opção?

A – Sim, na realidade, embora seja discutível, nós acabámos por optar, principalmente a nível de 10º ano, mas acho que mesmo em termos de ensino básico se pode fazer assim, por apresentar os modelos e as ideias mais atuais e tentar vincular os alunos a isso, e depois fazer uma retrospectiva e dizer ‘olha isto, no entanto, não foi sempre assim, sofreu esta evolução’. Há quem ache que é importante esta referência porque no horizonte dos alunos pode ficar então uma ideia excessivamente histórica do conhecimento científico a este nível, e de facto há um conhecimento presente, que é o que importa ter. Sei lá, imagine-se, se tivesse, apesar de tudo, uma coisa para dar a alguém que gostasse, ao seu filho, e tivesse coisas novas e coisas velhas, embora o fizesse ver como é importante, imagine se eu tivesse em minha casa um brinquedo velho, daqueles de lata que se fazia, mostraria ao meu filho e chamaria como foi importante para o pai dele ou para o avô o brinquedo, mas era impossível se houvesse um instrumento didático mais

moderno, robusto, com melhor eficácia e eu insistisse nesse, portanto, eu acho, temos as nossas limitações, portanto aqui houve de facto algum privilégio assumido pelo conhecimento contemporâneo e apenas a título mais telegráfico, embora nós não pomos as questões da história do Átomo como em caixas extra, como quem diz 'isto não serve', estão no meio da prosa e com alguma dignidade, mas com menos mancha. De facto, as referências a Demócrito, Leucipo, Dalton, Thomson e mesmo a experiência de Rutherford, tem aqui uma referência, mas não da montagem experimental, apenas de um dígrama simplificado do que acontece aos raios alfa.

I (Q2) - Relativamente aos cientistas que intervieram na história do Átomo, no manual de que é coautor, surgem alguns dados biográficos (datas de uma descoberta ou de uma teoria) mas não se salientam aspetos relacionados com as características e a vida familiar ou profissional dos cientistas. Porquê?

A – Pois, por falta de mancha. Aqui por exemplo, olhe, agora que me está a dizer, e reformulando, por exemplo, é giro saber o país de onde foram, isso normalmente e por acaso até gera uma grande pressão patriótica, porque, como sabe, nunca há portugueses envolvidos nisto, aliás, pelo contrário, aqui normalmente sublinha-se quando se faz história do Átomo, aqui não é exceção, sublinha-se a força do império britânico, primeiro, e depois do mundo americano, na contemporaneidade, embora haja aqui, como sabemos, incursões germânicas e dinamarquesas, mas, por exemplo, estar aqui o país, agora que me diz, associado à data e ao nome, não seria uma má ideia, mas não muito mais do que isso.

I (Q3) - No que respeita aos diferentes períodos da história do Átomo, constatei que, mais concretamente, no caso do modelo de Bohr e no atual modelo quântico do Átomo, se faz maior referência ao papel da comunidade científica e se mostra a evolução real dos acontecimentos, ou seja, os períodos da evolução do modelo atómico surgem relacionados, apresentando-se os avanços e recuos, incluindo as controvérsias. O mesmo não se verifica nos outros períodos da história do Átomo. Gostaria que me explicasse o porquê disso.

A – É verdade, é, não cabia. Por um lado não caberia, mas tendo que optar, acho que optámos bem, mais vale fazer um resumo um bocado mais pormenorizado do modelo de Bohr e da contemporaneidade do que dos modelos anteriores, a este nível de um manual escolar. Claro que tudo isto são textos que se poderiam assumir numa lógica de manual que, por exemplo, tivesse um *background* de informação digital, na página da *internet*, seriam, por exemplo, textos adicionais interessantes a incluir, ou atividades a propor aos alunos para fazerem um *zoom* histórico e cronológico mais particular, por exemplo, no modelo de Rutherford, ou Thomson ou de outro.

I (Q4) - Relativamente ao material usado para apresentar a informação histórica acerca do Átomo constatei que se privilegiaram as fotografias de cientistas, esquemas de modelos atómicos e um esquema interpretativo da experiência de Rutherford. Como explica essa escolha? Que mais-valia educativa relativa introduzem, em sua opinião, estes diversos materiais?

A – Pois não, foi bom, eu acho que este livro ficava diferente no aspeto do trato histórico, a este nível e, concretamente em relação ao cumprimento que vem no programa, sem as figuras dos cientistas, sem estes diagramas sintéticos e sem o outro diagrama de pormenor em relação à experiência do Rutherford. Aliás, inclui-se também depois uma questão resolvida para os alunos fazerem uma associação de modelos, cientistas e datas e portanto penso que no arranjo, aqui este conjunto da página 90 e 91 correspondeu a uma opção equilibrada, também do ponto de vista estético e atendendo às limitações que temos.

I (Q5) - No manual de que é coautor a informação histórica acerca do átomo é enquadrada num contexto científico e tecnológico, isto é, a informação histórica surge relacionada com o conhecimento científico ou matemático disponível, ou com a falta desses conhecimentos e com a tecnologia da época, ou em falta. Porquê? Por que acham isso importante?

A – Sim, pois não é só dizer que foi no século não sei quê ou não sei quê, foi com estas condições e mesmo assim dizemos pouco, não é, aqui o Thomson, beneficente de experiências anteriores realizadas por Crookes, cá está aqui algum conceito realizou descargas elétricas em gases, essas experiências conduziram à ideia de partículas subatómicas de carga elétrica negativa, a referência ao pudim de passas, enfim, há aqui todo um conjunto, ao fim e ao cabo, estamos a falar de história e convém contar uma história. Nós aqui fizemos algum exercício de contar um pouco de história com a veledade de não dar seca aos alunos.

I (Q6) - Verifiquei que surgem algumas atividades relacionadas com a história do Átomo. Por que razão decidiram colocar atividades e porquê daquele tipo (questões de análise de dados históricos). No entanto, não há referência a bibliografia de História das Ciências (livros, sítios da Internet). Gostaria que me explicasse o porquê disso.

A – Em relação à primeira parte, das atividades, é importante e esta questão resolvida é importante por também ser uma questão de relação, uma escolha múltipla entre datas de modo a associarem ou poderem associar o modelo

atual com 1926 e não perguntar em que data surge o modelo atual, para os alunos não memorizarem desnecessariamente datas. Quanto à bibliografia no caderno do professor há referências adicionais a isto, agora sou suficientemente autocrítico para reconhecer que não ficava aqui mal um apontamento de bibliografia adicional ou de um sítio na internet para complementar a informação, acho que é uma boa crítica que se pode fazer, embora nos tais recursos para o professor se possa encontrar a informação complementar.

Concluimos a entrevista. Pretende completar ou alterar alguma das suas respostas?

Agradeço a sua colaboração.