

UNIVERSIDADE NOVA DE LISBOA

FACULDADE DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA

Secção Autónoma de Ciências Sociais Aplicadas

Ciências de Educação

**Trabalho Experimental na Educação em Ciência:
Epistemologia, Representações e Práticas dos Professores**

2 Volumes (Vol I)

Dissertação Apresentada para a Obtenção do Grau de Mestre em Ciências de Educação-
Área Educação e Desenvolvimento, preparada com a Orientação de **Professora**
Doutora Maria Luisa Veiga

ANA MARIA FERREIRA GUIMAS DE ALMEIDA

Lisboa

1995

A todos os amigos que com o seu estímulo e carinho me ajudaram neste caminho feito de alegrias mas também de desânimos e, em especial, ao António, à Cláudia e à Catarina cujas vidas dão sentido à minha.

Sumário

Título: Trabalho Experimental na Educação em Ciência: Epistemologia, Representações e Práticas dos Professores

Trata-se de um estudo que pretende contribuir para a compreensão de como os professores de Física e Química interpretam e realizam trabalho experimental no contexto da educação em ciência.

Estabeleceram-se como objectivos de investigação: (i) compreender as representações pedagógicas de trabalho experimental dos professores; (ii) explorar possíveis relações entre estas representações e as suas representações pessoais sobre a ciência; (iii) analisar a influência destas representações nas suas práticas em sala de aula relativas à realização de trabalho experimental.

Desenvolveu-se, na primeira e segunda partes deste trabalho, um percurso de reflexão epistemológica em torno de alguns conceitos relativos à natureza da ciência e do trabalho experimental na educação em ciência, conducente à emergência de uma concepção de trabalho experimental como uma actividade de resolução de problemas, destacando-se o seu potencial valor formativo. Na terceira parte, fez-se a análise e interpretação de dados recolhidos através de entrevistas semi-estruturadas e observação de aulas junto de professores que leccionam a disciplina de Física-Química no 3º Ciclo do Ensino Básico ou Ensino Secundário.

Como resultados deste estudo, salienta-se a existência de fortes relações entre as representações de ciência dos professores participantes e as suas representações pedagógicas de trabalho experimental, bem como entre estes sistemas de representações e as suas práticas em sala de aula relativas à realização de trabalho experimental. Destaca-se, ainda, a existência de um sentido predominante de trabalho experimental, como um meio de recolha de dados/informações factuais, que influencia o papel que cada professor lhe concede no ensino e aprendizagem das ciências e que é globalmente consistente com a prevalência entre estes professores de perspectivas epistemológicas tendencialmente empiristas-indutivistas. Finalmente, reconhecendo a complexidade do contexto educativo coloca-se a hipótese daquelas relações terem um carácter dinâmico e interactivo.

Abstract

Title: Experimental Work in Science Education: Epistemology, Representations and Teachers' Practices

The purpose of this study is to understand how Physics and Chemistry teachers interpret and implement experimental work in the context of education in science. More specifically, it attempts: i) to understand teachers' pedagogical representations of experimental work; ii) to explore possible relationships between these representations and their personal representations about science; iii) to analyse the influence of these representations in their actual teaching practices, involving experimental work.

The first and second part of this study unfold an epistemological reflection on some concepts about the nature of science and experimental work in science education that lead to the emergence of a conception of experimental work as a problem solving activity, highlighting its potential formative value. The third part contains the analysis and interpretation of data collected through semi-structured interviews and classroom observations of Physics and Chemistry teachers at the third cycle of "compulsory schooling" (13-15 year old) and secondary education (16-18 year old).

This study provides evidence of strong links among participant teachers' representations of science, their pedagogical representations of experimental work and their actual teaching practices, involving experimental work. It also provides evidence that there is a prevailing sense of experimental work, as a means of obtaining data/factual information, which affects the role each teacher attributes to experimental work on the teaching and learning process. This is globally consistent with the predominance among the participant teachers of epistemological perspectives tendentially empiricist-inductivist. Finally, it is conjectured that those relationships have a dynamic and interactive character, due to the complexity of the educational context.

Índice de Matérias

ÍNDICE DE MATÉRIAS

VOLUME 1

ÍNDICE DE MATÉRIAS	6
INTRODUÇÃO GERAL AO ESTUDO	11
1 - Apresentação geral do estudo	12
1.1 - Pertinência.....	12
1.2 - Objectivos e questões de investigação.....	19
1.3 - Estrutura.....	20
PRIMEIRA PARTE - NATUREZA DA CIÊNCIA	22
INTRODUÇÃO	22
CAPÍTULO 1 - O CONHECIMENTO CIENTÍFICO E O SEU PROCESSO DE PRODUÇÃO	23
1 - O que é a ciência?	23
1.1 - Natureza dos objectos científicos.....	25
1.2 - Relação sujeito-objecto de conhecimento.....	26
2 - Objectividade e subjectividade em ciência	29
2.1 - Natureza objectiva/subjectiva do conhecimento científico.....	29
2.2 - Verdade e certeza em ciência.....	32
3 - Processo de produção do conhecimento científico	33
3.1 - Progresso da ciência.....	34
3.2 - Natureza do processo.....	38
CAPÍTULO 2 - NATUREZA EPISTEMOLÓGICA DA EXPERIMENTAÇÃO	44
1 - Perspectiva de Popper	45
2 - Perspectiva de Kuhn	47
CONCLUSÃO	50

SEGUNDA PARTE - O TRABALHO EXPERIMENTAL NA EDUCAÇÃO EM CIÊNCIA	54
INTRODUÇÃO	54
CAPÍTULO 1 - NATUREZA DA EDUCAÇÃO EM CIÊNCIA	58
1-Abordagem tradicional da educação em ciência: uma abordagem centrada nos conteúdos.....	59
2 - Uma abordagem centrada nos processos.....	62
3 - Perspectivas sobre a natureza dinâmica da educação em ciência.....	69
CAPÍTULO 2 - PAPEL E ESTATUTO DO TRABALHO EXPERIMENTAL NA EDUCAÇÃO EM CIÊNCIA	76
1 - Emergência de uma concepção de trabalho experimental	77
1.1 - Concepções correntes de trabalho experimental.....	77
1.1.1 - Demonstrações e verificações experimentais.....	78
1.1.2 - Método da “descoberta”.....	81
1.2 - Trabalho experimental como uma actividade de resolução de problemas.....	86
1.2.1 - Natureza do objecto das investigações experimentais: os problemas.....	91
1.2.2 - Natureza do processo.....	93
1.2.3 - Tipos de problemas e funções das investigações experimentais.....	98
1.2.4 - Características e tipos de actividades de natureza investigativa.....	104
2 - Valores educativos do trabalho experimental na educação em ciência	107
2.1 - Utilização do trabalho experimental ao longo dos tempos.....	108
2.2 - Papel do trabalho experimental na educação em ciência.....	110
2.2.1 - Perspectivas correntes sobre os objectivos do trabalho experimental.....	111
2.2.2 - (Re)avaliação do papel do trabalho experimental.....	115
CONCLUSÃO	123
TERCEIRA PARTE - O SENTIDO DAS PRÁTICAS DE TRABALHO EXPERIMENTAL	128
INTRODUÇÃO	128
CAPÍTULO 1 - REPRESENTAÇÕES E PRÁTICAS DE TRABALHO EXPERIMENTAL	130
1 - Significados atribuídos a representações, concepções e crenças.....	130
2 - Relações entre perspectivas epistemológicas e práticas de ensino.....	135
2.1 - Concepções de ciência dos professores.....	135

2.2 - Relações entre concepções e práticas.....	137
2.3 - Relações entre concepções e práticas de trabalho experimental em sala de aula.....	141
CAPÍTULO 2 - METODOLOGIA DA INVESTIGAÇÃO EMPÍRICA.....	146
1 - Breves considerações sobre a metodologia a utilizar.....	146
2 - Métodos de recolha de dados.....	149
2.1 - Entrevistas.....	150
2.1.1 - Planificação e realização das entrevistas.....	153
2.2 - Observação de aulas.....	156
2.2.1 - Planificação e realização da observação de aulas.....	157
3 - Método de análise de dados.....	160
3.1 - Entrevistas.....	161
3.2 - Observação de aulas.....	164
CAPÍTULO 3 - ANÁLISE E INTERPRETAÇÃO DOS DADOS.....	167
1 - Alguns dados sobre os professores participantes.....	167
2 - Leitura interpretativa dos dados.....	168
2.1 - Professor António.....	169
2.1.1 - Representações de ciência.....	169
2.1.2 - Representações pedagógicas de trabalho experimental.....	173
2.1.3 - Prática em sala de aula.....	176
2.2 - Professora Catarina.....	187
2.2.1 - Representações de ciência.....	187
2.2.2 - Representações pedagógicas de trabalho experimental.....	191
2.2.3 - Prática em sala de aula.....	194
2.3 - Professora Leonor.....	201
2.3.1 - Representações de ciência.....	201
2.3.2 - Representações pedagógicas de trabalho experimental.....	204
2.3.3 - Prática em sala de aula.....	207
2.4 - Professora Maria.....	214
2.4.1 - Representações de ciência.....	214
2.4.2 - Representações pedagógicas de trabalho experimental.....	220
2.4.3 - Prática em sala de aula.....	224
2.5 - Professora Rosa.....	232
2.5.1 - Representações de ciência.....	232
2.5.2 - Representações pedagógicas de trabalho experimental.....	237
2.5.3 - Prática em sala de aula.....	241

Índice de matérias

CONCLUSÃO	249
CONSIDERAÇÕES FINAIS	264
BIBLIOGRAFIA	270
ÍNDICE DE AUTORES	285
ANEXO 1 - GUIÃO DAS ENTREVISTAS	290
ANEXO 2 - QUADROS - SÍNTESE DOS DADOS	293

VOLUME 2

ANEXO 3 - TRANSCRIÇÕES DAS ENTREVISTAS E REGISTOS DE OBSERVAÇÃO DE AULAS	
---	--

Introdução Geral ao Estudo

INTRODUÇÃO GERAL AO ESTUDO

A escolha do objecto desta investigação decorre, primeiramente, de vivências, de experiências continuamente questionadas e reinterpretadas ao longo de todo um percurso pessoal.

Se do percurso escolar releva o gosto pelas "ciências", em especial pela Física e pela Química, da experiência profissional, como formadora de jovens e formadora de professores, decorre uma transformação progressiva e continuada de perspectivas, por reflexão e consciencialização dos contornos da prática pessoal e sua confrontação com horizontes teóricos alternativos.

Neste vaivém entre teoria e prática, em que ocorre uma reflexão sobre a forma de pensar a produção do conhecimento, ao longo da história da ciência e da história individual, adquire-se a consciência da importância do questionamento dos valores e princípios que subjazem às práticas pedagógicas, como condição de uma renovação metodológica. Renovação que se revela necessária face aos desafios que hoje se colocam de uma formação para a mudança, fomentadora de novas atitudes, produtora de inovação de práticas e integradora de novos saberes.

É neste quadro de reflexão, que se inserem preocupações sentidas sobre o porquê e o como do ensino da Física e da Química, principalmente quando se constata que os contextos educativos que normalmente se vivenciam nas nossas escolas, marcados pela rotina, pela autoridade do professor e em que os alunos ouvem uma ciência já feita, acabada e que depois reproduzem, não propiciam a construção do conhecimento e a formação científica dos jovens, para além de fomentarem o seu desinteresse pelas coisas da ciência.

A importância de uma aprendizagem que potencie a aquisição de uma cultura científica mínima adquire hoje uma pertinência acrescida, por se considerar que sem ela são escassas as oportunidades de cidadania autêntica.

Impõe-se, assim, cada vez mais à escola a necessidade de criar oportunidades para que todos os alunos adquiram uma formação científica de base que os capacite a compreender e intervir de uma forma consciente e crítica no mundo em que vivem.

Deste modo, e reconhecendo-se o papel fundamental que o professor pode desempenhar como agente de mudança, importa compreender as condições necessárias

para promover uma renovação metodológica nas práticas de ensino dos professores capaz de responder a estes desafios.

É neste contexto, e dada a nossa convicção de que o trabalho experimental pode constituir uma via metodológica facilitadora da aprendizagem das ciências e do desenvolvimento pessoal e social dos alunos, que se insere o nosso interesse em desenvolver uma linha de investigação centrada na educação em ciência, e mais precisamente na compreensão dos sentidos que cada professor atribui às suas práticas, em especial às práticas de trabalho experimental no contexto da educação em ciência.

Estamos, contudo, conscientes de que não se trata de um processo linear a escolha de um caminho para abordar esta problemática que se nos afigura complexa, porque relativa a pessoas, à maneira como se apropriam e constroem uma determinada realidade. Conscientes, também, dos seus limites, apresenta-se como um contributo para a compreensão dos processos através dos quais cada professor atribui sentido às suas acções.

1 - Apresentação geral do estudo

1.1 - Pertinência

Um dos grandes desafios que se colocam à Escola nos dias de hoje, face ao rápido desenvolvimento científico e tecnológico e à quantidade e velocidade de transformação da informação disponibilizada por diversos meios, tem a ver com que educação e formação a dar aos jovens, como prepará-los para um futuro difícil de prever.

Não obstante, as dificuldades de previsibilidade, tornam-se patentes as exigências duma formação que contemple a necessidade de preparar o futuro cidadão para gerir de forma autónoma e criativa a variedade que o rodeará e enfrentar os problemas que se coloquem, ou, como referem Barata e Ambrósio, citando Caccace, há que proporcionar «aqueles elementos de flexibilidade, ductibilidade e atitude perante a mudança para não danificar irremediavelmente os jovens que viverão numa sociedade muito móvel» (Barata e Ambrósio, 1988, p.87).

Referindo-se a esta problemática no ensino das ciências, Cardoso, citando Formosinho, refere que «...uma formação para o futuro exige ainda uma melhor preparação na maneira de pensar e de reflectir perante situações novas, motivando os

alunos para o valor dos métodos da ciência ... e o fomentar da imaginação e da criatividade» (Cardoso, 1993, p.43).

Os desafios que estas exigências de formação colocam, tornam-se particularmente pertinentes no caso da educação em ciência, quando se constata que há um reconhecimento generalizado da ineficácia educativa e formativa que actualmente se evidencia no ensino das ciências, designadamente, no caso das ciências físicas.

As percepções diversas que fomos colhendo da realidade do ensino da Física/Química nas nossas escolas, enquanto professora do ensino secundário e interveniente no processo de formação de professores durante vários anos, bem como resultados de estudos já realizados em Portugal ¹ evidenciam em relação ao ensino destas ciências que: 1) a maioria dos conhecimentos científicos ensinados na escola são rapidamente esquecidos; 2) o interesse dos alunos vai diminuindo à medida que progridem no sistema educativo; 3) existe uma clara iliteracia científica mesmo em alunos com vários anos de educação formal em ciências (p.ex.alunos universitários em cursos com Física), em que se constata que muitas das suas explicações dos fenómenos estão próximas das explicações do senso comum que, possivelmente, já antes possuíam. Estas dificuldades de aprendizagem das ciências foram também evidenciadas numa investigação desenvolvida por Veiga (1988).

Também noutros países, na Europa como na América, existem resultados de investigação que apontam no mesmo sentido e que, como afirmam Giordan e Vecchi (1987), demonstram que, actualmente, a maior parte do saber científico ensinado é rapidamente esquecido, se aconteceu ser adquirido.

Pode dizer-se que a escola enquanto lugar privilegiado de uma educação científica generalizada. «a pedra de toque para qualquer melhoria na compreensão pública da ciência» (Gago, 1990, p.108), representa um falhanço a nível mundial. Como afirma este cientista, o analfabetismo científico é uma realidade que importa ter em conta.

São várias as razões que vulgarmente se atribuem ao estado actual do ensino das ciências.

Giordan sublinha a ineficácia do ensino científico actual porque baseado em «conhecimentos factuais e receitas técnicas que provocam a rigidez mental, que falham

1 . Destacam-se os estudos realizados por Thomaz (1982, 1984) com indivíduos cuja educação formal em ciências terminara no 9ºano de escolaridade e com alunos que frequentavam cursos universitários na área de ciências. cit.in Thomaz (1987, pp.121-122).

na formação de espíritos adaptáveis, capazes de analisar uma situação para resolver um problema ou participar na tomada de decisões» (Giordan *et al.*, 1978, p.16).

Para Mariano Gago uma das razões deste problema reside no facto de, ao nível do ensino, se continuar a olhar para a ciência como um edifício lógico e acabado, omitindo-se que a dúvida e a incerteza são o motor do progresso científico, e em que estão ausentes dimensões relevantes da ciência: «...não só as inovações científicas e as questões em aberto, mas também a história das ciências, o registo pessoal e humano dos cientistas e das suas carreiras, as visões prospectivas para o futuro que a ciência ou a tecnologia sugerem ou, ainda, as implicações sociais dos desenvolvimentos tecnológicos são tratados hoje quase exclusivamente fora da escola» (Gago, 1990, p.112).

Por seu turno, Marília Thomaz (1987), baseando-se em estudos realizados em vários países, incluindo Portugal, afirma que o ensino actual da Física, encarado numa perspectiva de transmissão de um corpo de conhecimentos, pouco ou nada contribui para a formação de cidadãos actuantes numa sociedade em rápido desenvolvimento, correndo-se o risco de, pelo contrário, se estar a fomentar atitudes, como a passividade e o acriticismo, que serão prejudiciais para uma actuação numa sociedade culturalmente evoluída. Na sua perspectiva, a imagem da Física que está a ser transmitida situa-se décadas atrás da compreensão actual da ciência e da prática científica.

Outros argumentam que actualmente «o ensino é livresco, meramente dedutivo e teorizante sem suporte na observação e na experimentação» (SPF, 1987, p.6) ou, que o «ensino tem vindo a traduzir-se numa subestimação (e mesmo inexistência frequente) da vertente experimental, limitando-se, não raras vezes, à exposição académica dos assuntos científicos» (DGEBS, 1992, p.3). Nesta mesma linha se tem pronunciado Mariano Gago, afirmando nomeadamente que "o calcanhar de Aquiles" da actual educação científica reside na quase total ausência de um ensino experimental eficaz.

Face a estas e outras críticas é amplamente reconhecida a necessidade de mudanças na educação em ciência onde assume particular acuidade a questão da renovação dos conteúdos e dos processos educativos, de modo a que esta passe a reflectir a natureza da ciência e as características do trabalho científico, bem como os modos como se concebe actualmente a aprendizagem (Perez, 1992). Esta ideia de aproximação da aprendizagem das ciências à actividade científica deve constituir, segundo Perez (1992) um autêntico fio condutor na transformação do ensino das ciências. Esta perspectiva surge hoje reforçada tanto pelas orientações construtivistas da aprendizagem que constituem hoje o paradigma emergente (Driver e Bell, 1986; Driver, 1990; Duit, 1990,

Ruiz, 1991; Wheatley, 1991) como pelas implicações da epistemologia contemporânea no ensino (Hodson, 1985, 1993; Matthews, 1990; Duschl e Gitomer, 1991; Laroche e Désautels, 1992).

O reconhecimento da importância da história e filosofia da ciência no campo da ciência escolar tem-se evidenciado tanto na implementação de novos currículos em vários países², como na diversidade de artigos que se têm publicado ultimamente, e, conferências realizadas sobre esta problemática³.

A importância do trabalho experimental é reafirmada neste amplo movimento de renovação curricular, como se constata na literatura sobre a educação em ciência, referindo-se, no entanto, a necessidade da sua reconceptualização, de modo a que reflecta as características do trabalho científico, e da reavaliação do seu papel e estatuto no contexto da educação em ciência.

Portugal não é alheio a este movimento de renovação curricular, constatando-se que nas propostas dos novos programas, designadamente das ciências físicas, é atribuído um papel de realce ao trabalho experimental perspectivado como uma actividade de natureza investigativa de modo a que, fazendo uso dos métodos e processo de trabalho em Física e Química, coloque os alunos em posição de resolver problemas abertos (DGEBS, 1992).

Todavia, como salienta Hodson (1992a), não obstante numerosos projectos curriculares sobre o ensino das ciências reconhecerem, principalmente a partir dos anos sessenta, que o trabalho experimental é uma forma agradável e efectiva dos alunos aprenderem ciência, a realidade da ciência escolar é bastante diferente.

Como se indica em diversos relatórios, de âmbito internacional, existem discrepâncias profundas entre os princípios enunciados na literatura e currículos sobre a educação em ciência e o tipo de actividades em que os alunos se envolvem. Por exemplo, um relatório publicado por DES (1987) refere que: «é realizado trabalho prático, mas são dadas poucas oportunidades para os alunos conceberem investigações ou interpretar observações. A atenção dispensada ao ensino de capacidades práticas é ocasional e

2. Como exemplo referem-se os novos currículos que estão a ser desenvolvidos e implementados na Grã-Bretanha (National Curriculum in Science), Estados Unidos da América (Project 2061), Dinamarca e outros países, que incluem aspectos da História e da Filosofia da Ciência, referidos por Matthews (1990).

3. Perez (1992, p.3) referencia a este propósito os artigos publicados em revistas como International Journal of Science Education, Journal of Research in Science Teaching, Journal of

insuficiente ...os alunos pareciam estar na maior parte das vezes mais confusos, do que esclarecidos sobre o que faziam»⁴.

Em Portugal, a situação não é muito diferente. Tal como noutros países, estudos realizados recentemente (Valente *et al.*, 1989; Cachapuz *et al.*, 1989; Miguéns, 1991), evidenciam existir uma discrepância entre orientações programáticas em vigor até este momento, que incluíam por exemplo a seguinte finalidade educativa: «Fomentar nos alunos, numa perspectiva de educação permanente e de receptividade à mudança, hábitos e atitudes de pesquisa constitutivos de um apetrechamento motor, mental e cultural de base (...)» (DGES, 1975)⁵, e as práticas dos professores em sala de aula. Por outro lado, estes estudos, para além de indicarem uma fraca utilização do trabalho experimental nas aulas de ciências, sublinham também a prevalência de uma postura directiva dos professores na condução de actividades experimentais no âmbito do ensino da Física e Química, em qualquer nível de ensino⁶.

Quando se questiona o porquê desta situação, as razões que se atribuem são diversas e sempre exteriores: falta de condições; falta de material; o problema da indisciplina; o número de alunos por turma, em suma, razões de ordem física e institucional⁷.

Para Lefour (1992), os professores que não dominam uma disciplina não podem desenvolver um verdadeiro ensino experimental. A porta de saída para esses professores

Research in Science Education, e a edição recente, em 1992, de uma revista específica sobre esta temática, a Science & Education.

⁴. DES (1987) cit in Hodson (1992a, p.115). Num relatório publicado, em Inglaterra cerca de dez anos antes, o "Department of Science and Education"-DES indicou conclusões muito semelhantes a estas. Hodson refere ainda que num estudo realizado no Canadá sobre a aplicação de um projecto curricular no âmbito da educação em ciência os resultados foram semelhantes.

⁵ Esta finalidade que se apresentou como exemplo, foi retirada da circular nº3/75 da Direcção-Geral do Ensino Secundário (DGES), do Ministério da Educação e Cultura, relativa ao Curso Secundário Unificado-7º Ano de escolaridade. As finalidades definidas para o 7ºano de escolaridade, foram assumidas também para o 8º e 9º ano. Os objectivos gerais dos Cursos Compementares do Ensino Secundário foram definidos posteriormente pelo Despacho Normativo nº140-A/78, de 15 de Junho, onde se incluía um objectivo semelhante ao indicado: «reforçar e aprofundar a formação geral, através do desenvolvimento de atitudes, métodos de pesquisa e hábitos de trabalho, (...)»

⁶ Cachapuz (1989a, p.25) refere que as verificações e, em especial, as demonstrações correspondem a mais de 95% da globalidade de trabalho experimental realizado, no âmbito da disciplina de Física e Química em qualquer nível de ensino, independentemente da formação académica, situação e experiência profissionais dos professores.

⁷. Consideram-se como razões de ordem física «as razões que se prendem com a existência, qualidade e condições de acesso a laboratórios e equipamentos» e como razões de ordem institucional «as razões relativas à actual organização do sistema de ensino a nível local (formação de turmas, etc.) e central (articulação do perfil de formação com funções docentes, por ex.)» Cachapuz *et al.* (1989, p.8).

será refugiarem-se num ensino exclusivamente teórico, em que os conceitos são ensinados por eles próprios.

Será assim tão simples? E dominar uma disciplina será ter um "conhecimento" profundo dos conteúdos teóricos dessa disciplina ou envolve outros saberes relativos à natureza da própria ciência que se ensina e relativos ao processo de ensino e de aprendizagem? Por outro lado, poder-se-á considerar como factor dominante a formação inicial dos professores? Ou haverá outros factores ligados à forma como cada pessoa, entendida numa perspectiva sistémica, se apropria dos diferentes contextos com que é confrontada?

Assim, assume particular pertinência o desenvolvimento de estudos que incidam sobre as representações dos professores na medida em que, ao contribuírem para a compreensão dos processos individuais (ou de grupo), tornam possível a antecipação dos seus actos e condutas, a interpretação do sentido destas e a sua justificação à luz de determinados contextos sociais.

Neste âmbito, uma vertente de análise que parece ser adequada para a compreensão de como os professores de ciências, designadamente das ciências físicas, concebem e implementam o trabalho experimental no contexto da educação em ciência, é o estudo dos sentidos que atribuem ao trabalho experimental e de como é que se relacionam com as suas práticas, bem como a compreensão das suas representações sobre a natureza da ciência e da sua influência na atribuição daqueles sentidos.

Esta vertente de análise adquire, ainda, uma pertinência acrescida quando se constata, numa revisão de literatura em educação em ciência, de que existe um amplo consenso de que as representações de ciência contribuem para o modo como e para o que é ensinado sobre a ciência. Além disso, insere-se numa linha de investigação contemporânea na educação em geral - "Research on Teacher Thinking", que assenta fundamentalmente, segundo Clark e Peterson (1986), no postulado de que o que o professor faz é influenciado por aquilo que ele pensa. Justifica-se, ainda, pela necessidade de se desenvolverem estudos de natureza compreensiva na área do trabalho experimental, como salienta Fraser *et al.* (1993).

1.2 - Objectivos e questões de investigação

Com este estudo pretende-se contribuir para a compreensão de como os professores de Física e Química interpretam e realizam trabalho experimental no contexto da educação em ciência.

Com esta finalidade, estabeleceram-se como objectivos de investigação: (i) compreender as representações pedagógicas de trabalho experimental dos professores; (ii) explorar possíveis relações entre estas representações e as suas representações pessoais sobre a ciência; (iii) analisar a influência destas representações nas suas práticas em sala de aula relativas à realização de trabalho experimental.

Como linhas orientadoras deste trabalho reconhece-se a relevância da epistemologia da ciência como quadro de referência da educação em ciência e como enquadramento geral do processo de conhecimento e de aprendizagem, a importância dos contextos vivenciados na formação e desenvolvimento da pessoa (professores e alunos) e o papel do professor como potencial agente de mudança.

Através de um percurso de reflexão epistemológica em torno de alguns conceitos relativos à natureza da ciência e do trabalho experimental na educação em ciência, principalmente na caracterização e crítica dos modelos epistemológicos e psicopedagógicos subjacentes às concepções e práticas de trabalho experimental, procura-se fazer emergir uma concepção de trabalho experimental como uma actividade de resolução de problemas, destacando-se o seu potencial valor formativo.

A problemática desta investigação organiza-se, assim, em torno do trabalho experimental na educação em ciência, tendo como base as seguintes questões de investigação:

- Como concebem os professores o trabalho experimental no âmbito do ensino e aprendizagem das ciências?
- Como se relacionam as possíveis interpretações de trabalho experimental e as representações dos professores sobre a natureza da ciência?
- Que relações existem entre estas representações e as práticas em sala de aula dos professores, relativas à realização de trabalho experimental?

Neste contexto, tomando como base um quadro de reflexão teórica, que se desenvolveu na primeira e segunda partes deste estudo, fez-se a análise e interpretação dos dados recolhidos através de entrevistas semi-estruturadas e observação de aulas

junto de cinco professores que leccionam a disciplina de Física e Química, em que se procurou pôr em evidência as suas representações pessoais sobre os temas em estudo e as suas práticas de trabalho experimental e compreender as relações entre estes dois campos.

1.3 - Estrutura

Este trabalho estrutura-se em três partes.

Na primeira parte desenvolve-se uma reflexão sobre a natureza da ciência, em dois capítulos.

A importância da compreensão da natureza da ciência decorre da relevância que tem vindo a ser atribuída à epistemologia da ciência na perspectiva da educação em ciência quer ao nível da concepção e desenho curricular, quer como enquadramento geral do processo de conhecimento e de aprendizagem. De igual modo, se torna pertinente uma reflexão sobre a ciência e o seu modo de produção quando nas perspectivas actuais sobre a educação em ciência se reconhece a importância desta reflectir uma imagem da ciência consentânea com o pensamento epistemológico contemporâneo e a relevância de actividades que traduzam as características do trabalho científico no processo de ensino e aprendizagem das ciências.

Num primeiro capítulo, reflecte-se sobre alguns aspectos relativos à natureza do conhecimento científico e do seu processo de produção, questionando-se as perspectivas epistemológicas empiristas-indutivistas à luz das teses e princípios da epistemologia contemporânea, de cariz construtivista. Num segundo capítulo, analisa-se e questiona-se o estatuto e valor epistemológico da observação e experimentação no processo de produção da ciência vistos pela óptica empirista-indutivista, recorrendo às perspectivas de Popper e Kuhn.

Na segunda parte deste estudo, que engloba dois capítulos, analisa-se mais especificamente a problemática do trabalho experimental no âmbito da educação em ciência, procurando-se compreender as possíveis relações entre a epistemologia da ciência e a educação em ciência e, em particular, com o trabalho experimental. Um primeiro capítulo centra-se na análise da natureza da educação em ciência dando-se conta do debate que tem ocorrido ao longo dos tempos em torno das dimensões da ciência a privilegiar nos currícula de ciência e suas implicações pedagógicas e

crítica dos modelos epistemológicos e psico-pedagógicos das concepções correntes de trabalho experimental, para em seguida se proceder, num quadro construtivista da epistemologia e da aprendizagem, a uma reflexão em torno da pertinência de uma (re)conceptualização do trabalho experimental, como uma actividade investigativa de resolução de problemas. Termina-se este capítulo com uma breve retrospectiva histórica sobre a utilização do trabalho experimental, seguida de uma reflexão sobre os valores educativos do trabalho experimental na educação em ciência, destacando-se o seu potencial valor educativo e formativo.

A terceira parte do estudo, que se estrutura em três capítulos, envolve a componente empírica desta investigação, em que se procura pesquisar e compreender as perspectivas pedagógicas de trabalho experimental e as suas relações com as perspectivas epistemológicas e práticas de trabalho experimental desenvolvidas pelos professores.

Num primeiro capítulo, apresenta-se uma revisão da literatura de investigação que se debruça sobre esta problemática, definindo-se o conceito de representação e suas analogias com outras designações, bem como o significado atribuído a alguns termos utilizados no presente trabalho. Num segundo capítulo, faz-se uma breve reflexão sobre a metodologia a utilizar, justificando-se a pertinência das técnicas seleccionadas para a recolha de dados, seguida da descrição do plano metodológico adoptado. Num terceiro capítulo, tendo em conta o quadro teórico e os objectivos de investigação, faz-se a análise e interpretação dos dados relativos a cada um dos cinco professores participantes neste estudo.

A terceira parte termina com as conclusões do estudo, onde se exploram as possíveis relações entre as representações pedagógicas destes professores sobre o trabalho experimental e as suas representações sobre a ciência, bem como entre estes sistemas de representações e as suas práticas em sala de aula relativas à realização de trabalho experimental.

Primeira parte
Natureza da Ciência

PRIMEIRA PARTE - NATUREZA DA CIÊNCIA

INTRODUÇÃO

A análise da relevância da epistemologia da ciência na educação, quer ao nível da concepção e desenvolvimento curricular, das próprias representações sociais e pessoais da ciência subjacentes às práticas e atitudes dos professores no âmbito do ensino das ciências, quer ainda ao nível dos interesses e atitudes dos alunos face à ciência e sua aprendizagem, remete-nos para uma reflexão, ainda que sucinta, sobre a natureza da ciência.

Todavia, falar da natureza da ciência não é tarefa simples, dada a complexidade do próprio conceito que, de acordo com Ogunniyi, advém do facto da ciência envolver não só os seus produtos e processos, mas também «a ética, os princípios regulativos e os sistemas lógico-matemáticos» (Ogunniyi, 1982, p.25). Acresce ainda, como sublinha Hodson (1986a), que a ciência não é uma actividade neutra que obedeça apenas à sua lógica interna e que funcione independentemente do contexto em que ocorre, donde releva a necessidade do recurso à sua história, à sua evolução, para acedermos à sua compreensão.

Face a esta complexidade e à variedade de estruturas filosóficas da ciência bem como à própria complexidade de cada estrutura, a nossa reflexão sobre a natureza da ciência desenvolver-se-á com base em duas opções. Por um lado, centrar-se-á em apenas duas das dimensões indicadas: os produtos ou linguagem da ciência, no que concerne à sua natureza, valores e atributos que lhes são associados; os processos da ciência, no que respeita aos pressupostos que estão subjacentes ao seu desenvolvimento e características do processo de produção do conhecimento científico. Por outro lado, incidirá sobre a tensão filosófica entre uma perspectiva tradicional da ciência, configurada por posições epistemológicas empiristas-indutivistas, e uma perspectiva não-tradicionista, contemporânea, de cariz mais racionalista, de que destacaremos as posições epistemológicas de Popper e Kuhn.

Procurar-se-á, num primeiro capítulo, reflectir sobre alguns aspectos relativos à natureza do conhecimento científico e do seu processo de produção tentando dar resposta a questões como: O que é a ciência? Qual é a natureza dos objectos científicos? O que é uma lei ou teoria verdadeira? Qual é o significado de objectividade do conhecimento científico? Como se produz e como progride o conhecimento científico? Qual o papel do homem na elaboração do conhecimento?

Num segundo capítulo, proceder-se-á a uma reflexão sobre o estatuto e valor epistemológico da experimentação e observação no trabalho científico, na perspectiva de Popper e Kuhn.

CAPÍTULO 1 - O CONHECIMENTO CIENTÍFICO E O SEU PROCESSO DE PRODUÇÃO

A problemática do que é a ciência, do que é científico e não científico, levantada pela epistemologia contemporânea, suscitou o questionamento da concepção de conhecimento científico como «um conhecimento acumulativo de verdades que, empilhando-se umas sobre as outras e provocando um crescimento constante e simplesmente científico da própria ciência, constituem aquilo a que chamávamos progresso» (Morin, 1982, p.42), veiculada por posições epistemológicas empiristas-indutivistas.

O dilema epistemológico principal subjacente a este debate relativo à natureza da ciência e do conhecimento científico está, segundo a perspectiva de Boaventura Sousa Santos (1989), na maneira como se concebe o próprio objecto de estudo da ciência, ou melhor, em saber qual a participação do sujeito e do objecto na criação do conhecimento, qual a participação da teoria e dos factos, ou ainda, qual a participação dos conceitos e da observação. É possível identificar neste debate duas posições epistemológicas extremas: as que correspondem a epistemologias empiristas-indutivistas e as que correspondem a epistemologias racionalistas, relativamente aos conceitos de verdade, objectividade e evidência enquanto atributos do conhecimento científico, e aos pressupostos inerentes ao processo de elaboração e desenvolvimento do conhecimento.

1 - O que é a ciência ?

Segundo Charlesworth (1986), para os pensadores dos séculos dezassete e dezoito, o que define a ciência e a distingue de outras formas de conhecimento é o seu método. A ciência é considerada como uma forma de investigação que se fundamenta nos dados obtidos por observação e experimentação e a partir dos quais se inferem leis gerais. Estas leis gerais induzidas a partir de um número limitado de casos particulares permitem, por seu turno, fazer predições futuras e eventualmente produzir novas tecnologias.

São estas características da ciência, definida em termos da observação empírica e experimentação, indução de leis gerais, predição e controle tecnológico, que advêm da utilização de um método peculiar da ciência, o método científico. Na base da ciência está a observação controlada da Natureza que permite descobrir as leis já inscritas na própria Natureza. É este método peculiar da ciência, normalmente atribuído a Francis Bacon, que estabelece a demarcação entre ciência, não-ciência e pseudo-ciência.

Ainda de acordo com este autor, no século dezoito, David Hume veio sedimentar esta perspectiva indutivista da ciência com a sua teoria empirista do conhecimento. Para

Hume todo o conhecimento baseia-se e constrói-se a partir de impressões sensoriais por via da utilização dos órgãos dos sentidos.

No século dezanove o desenvolvimento da filosofia positivista, ao reforçar a ideia de superioridade do conhecimento científico em relação a outros tipos de conhecimento, veio ainda dar mais força a esta perspectiva empirista-indutivista da ciência. Para os positivistas também são os factos que constituem os fundamentos da ciência, como se evidencia na seguinte definição de ciência dada por Auguste Comte, o fundador do positivismo: «Se é verdade que uma ciência não se torna positiva se não se fundar exclusivamente sobre os factos observados e cuja exactidão é geralmente reconhecida, é igualmente incontestável que um ramo qualquer dos nossos conhecimentos não se torna ciência senão quando, através de uma hipótese, ligámos todos os factos que lhe servem de base»⁸.

Portanto, esta perspectiva empirista-indutivista da ciência é perfilhada por uma tradição epistemológica ampla que, apesar dos seus diversos cambiantes, partilham uma ideia-força comum: «a observação é primeira; ela fornece uma base segura a partir da qual é possível extrair o conhecimento científico por indução» (Robardet e Guillaud, 1994, p.10).

Tal posição epistemológica tem sido fortemente contestada nos seus fundamentos lógicos e epistemológicos. Com efeito, o pensamento contemporâneo na filosofia da ciência, que corporiza, em nosso entender, as epistemologias racionalistas, evidencia as dificuldades levantadas e as incorrecções inerentes a esta concepção de ciência assente na observação e experiência, consideradas como fonte de dados seguros, a partir dos quais é possível estabelecer com toda a segurança e objectividade, por um processo de inferência, as teorias científicas. Por outro lado, contesta-se a validade lógica dos argumentos indutivos: pelo facto das premissas duma inferência indutiva serem verdadeiras, isso não implica que a conclusão também o seja (Chalmers, 1987). Para se justificar, a indução recorre a um argumento circular em que se admite que, se o princípio da indução funcionou num e noutro caso, então é válido para todos os casos. Também aqui se estabelece um enunciado universal do princípio da indução a partir dum certo número de enunciados singulares. Argumentam os pensadores contemporâneos que não se pode utilizar a indução para justificar a indução.

Na crítica ao princípio da indução destaca-se Karl Popper, que já em 1934, data da primeira edição do seu livro "A Lógica da Descoberta Científica", publicado em alemão, referia que a conclusão de uma indução não é deduzível das premissas de que dispõe e pode vir a revelar-se falsa mesmo quando todas essas premissas sejam verdadeiras.

A própria evolução da ciência, nomeadamente nos séculos dezanove e vinte, tornou cada vez mais evidente a discrepância desta posição epistemológica com a realidade da prática científica. De facto, como faz notar Charlesworth (1986), as teorias abstractas e complexas desenvolvidas na ciência, especialmente na Física, como a teoria da

⁸ . Comte (A.)-1830-Cours de Philosophie Positive. tome I. cit. in Robardet e Guillaud (1994, p.9).

complexas desenvolvidas na ciência, especialmente na Física, como a teoria da relatividade e a teoria quântica, mostram claramente que elas não podiam ter sido directamente inferidas a partir de observações sensoriais. Tal contribuiu, de acordo com Larochelle e Désautels (1992), para a revisão de conceitos veiculados pela epistemologia tradicional (como o de observação e de objectividade), bem como dos próprios fundamentos das relações que nós estabelecemos com o saber, e da sua natureza. É sobre algumas vertentes destes aspectos que se procurará reflectir em seguida.

1.1 - Natureza dos objectos científicos

Na perspectiva de Francis Bacon e dos seus contemporâneos, «...para compreender a Natureza é necessário consultar a própria Natureza ...» (Chalmers, 1987, p.21). A origem do conhecimento científico radica na Natureza. A sua observação disciplinada providencia os fundamentos epistémicos da ciência: conhecemos quando se obtém uma correspondência entre as proposições de uma teoria e o mundo exterior; é esta correspondência que torna o nosso conhecimento verdadeiro. Tendem, deste modo, a privilegiar a participação dos factos enquanto "value-free" e da observação na elaboração das explicações científicas.

O conhecimento científico constituiria, assim, uma reprodução fiel de uma realidade considerada como um dado já feito, bruto, isento de referentes conceptuais. Admite-se a existência de uma realidade exterior e independente do sujeito cognoscente, ou seja, uma realidade «passiva, eterna e reversível, (...) cujos elementos se podem desmontar e depois relacionar sob a forma de leis» (Sousa Santos, 1987, p.13). Deste modo, os factos estão na base de qualquer teoria ou proposição teórica: «Toda a proposição que não é estritamente redutível à enunciação de um facto, ou particular ou geral, não pode oferecer nenhum sentido real e inteligível» (ibid., p.8).

A filosofia contemporânea da ciência contesta frontalmente esta concepção indutivista da ciência e considera-a uma "falácia", pois as hipóteses ou as teorias não têm nada a ver com qualquer processo indutivo a partir dos designados dados "objectivos"; são construções, produtos da imaginação humana.

Já Einstein (s/d) se tinha pronunciado neste sentido: «a ciência não é uma colecção de leis, um catálogo de factos não relacionados. É uma criação do espirito humano com ideias e conceitos livremente inventados. As teorias físicas tentam traçar um quadro da realidade e estabelecer conexões com o vasto mundo das impressões sensoriais» (p.258).

Dois aspectos ressaltam desta ideia: por um lado, a distinção que é feita entre o mundo das impressões sensoriais e o mundo das ideias e conceitos e, por outro lado, a natureza da relação entre as impressões sensoriais e a teoria. Os conceitos ou teorias

não decorrem da observação por um processo simples de indução. O acto de teorização envolve um processo imaginativo de invenção, apesar do espírito humano poder ser constringido por muitos factores incluindo a linguagem e imagens correntes na sociedade, numa determinada época.

Popper (1992) vai ainda mais longe quando propõe a existência de três mundos: o mundo material, das percepções sensoriais, o mundo das construções individuais e o mundo público das construções partilhadas pelos cientistas, relatadas em livros e relatórios de investigação. A realidade seria constituída, de acordo com este filósofo, por estes três mundos que estão ligados entre si e que, de algum modo, se interpenetram, o que refuta a ideia de uma realidade ontológica acessível ao ser humano e que pode ser dominada na sua essência, naquilo que ela é. Acresce ainda que os objectos científicos, como força, electrões, campos eléctricos, etc., não fazem parte do mundo das nossas impressões sensoriais, nem são sequer abstraídos desse mundo. Pelo contrário são, de acordo com Driver e Bell (1986), construções imaginativas, relacionadas sob formas muito precisas.

Em síntese, pode dizer-se que a ciência envolve ideias, conceitos e teorias usadas para interpretar o mundo e não a descrição de factos abstraídos desse mundo. Com a epistemologia contemporânea desloca-se o conceito de objecto da ciência: de dado⁹ passa a pertencer ao domínio do construído, o que faz surgir a necessidade de um princípio de explicação mais rico, que Edgar Morin designa pelo princípio da complexidade, que procure estabelecer a comunicação entre «o objecto e o ambiente, a coisa observada e observador» (Morin, 1982, p.36).

Permanece, contudo, a questão de como é que se estabelece esta comunicação entre o sujeito e o objecto, ou ainda, como é que o sujeito intervém no processo de conhecimento. É sobre a análise de algumas vertentes desta questão que nos debruçaremos de seguida.

1.2 - Relação sujeito-objecto de conhecimento

Como referimos atrás, as perspectivas empiristas-indutivistas partilham a ideia de que a ciência começa com a observação dos factos da natureza. É através dos órgãos dos sentidos que o observador científico, sem preconceitos, estabelece os enunciados sobre o estado do mundo, que estão na origem das leis e teorias que constituem o saber científico (Chalmers, 1987). O sujeito é aqui entendido como o observador por excelência, que trabalhando com toda a objectividade, desvenda pouco a pouco a realidade tal como ela é, ou, como referem Larochelle e Désautels (1992), ele assume o papel dum explorador, dum descobridor de terras desconhecidas: ele descobre as "leis

⁹ . Por *dado* entende-se o conjunto de fenómenos que se encontram imediatamente presentes a um sujeito que conhece, de acordo com J.F.Mora, em Dicionário de Filosofia, Pub. Dom Quixote, 5ªed. (1982).

da natureza". Admite-se como premissa fundamental que o observador e as coisas observadas são entidades separadas e independentes.

Este cenário levanta contudo várias questões, nomeadamente: se observar não pressupõe a mobilização de um quadro conceptual e cultural, e se a ciência pode ser construída à margem do sujeito, negando os seus valores, os seus interesses, os seus pontos de partida, a sua imaginação, a sua criatividade, a sua intuição.

Várias vozes se têm erguido com vista à refutação desta teoria tradicional do saber. Para Edgar Morin, é a própria análise retrospectiva da história da ciência que evidencia que o próprio progresso do conhecimento científico exige que «o sujeito se reintroduza de forma autocrítica e auto-reflexiva no seu conhecimento dos objectos» (Morin, 1982, p.36). É também nesta linha que se expressa Popper, ao contestar a passividade para onde as perspectivas empiristas-indutivistas remetem o sujeito no processo de conhecer: «a teoria da indução é a teoria que tenta negar a criatividade do nosso espírito e dizer que tudo vem apenas do exterior. Só precisamos de abrir os olhos para as coisas entrarem por eles» (Popper, 1987, p.56). Pelo contrário, argumenta que a interpretação daquilo que vemos está relacionada com processos criativos do cérebro.

Também outros filósofos contemporâneos da ciência, como Kuhn, Lakatos e Feyerabend, rejeitam «uma visão do conhecimento e da razão como sendo impessoal e desligado e sugerem que a razão é informada pela paixão» (Thomaz, 1987, p.124).

Outros alegam que a observação não é neutra. Num estudo crítico da observação objectiva e neutra, Fourez (1992) chama a atenção de que a acção de observar supõe uma descrição e que esta descrição não se pode fazer senão por recurso, pela mediação de uma linguagem, a uma representação teórica, geralmente implícita, portanto, o recurso a noções pertencentes ao universo cultural em que o sujeito está inserido. Para este autor, a importância deste "apport" de noções teóricas nas observações mais elementares faz-se ressentir especialmente naquelas ocasiões em que não temos palavras para descrever o que vemos. Também Prigogine e Stengers perfilham esta perspectiva, quando afirmam que: «Os científicos não são indivíduos que observem o mundo partindo do nada. Eles são participantes dum universo cultural e linguístico onde inserem os seus projectos individuais e colectivos»¹⁰.

Contudo, uma melhor compreensão do papel do sujeito na construção do conhecimento científico poderá conseguir-se recorrendo à teoria do conhecimento proposta por Popper, a teoria dos três mundos¹¹.

Para este epistemólogo o mundo dois é o mundo do espírito humano, dos mecanismos do pensamento, dos processos do pensamento, da consciência humana. Trata-se, em suma, do mundo dos seres "pensantes" ou, como já se referiu atrás, é o mundo das construções individuais.

¹⁰ . Prigogine e Stengers cit. in Fourez (1992, p.34).

¹¹ . Popper faz uma análise da teoria dos três mundos em vários dos seus livros, nomeadamente. Popper (1975, 1987, 1988, 1992).

O mundo três é o mundo dos produtos do espírito humano, que compreende os problemas, as teorias, a cultura e, sobretudo, a linguagem. É o mundo das obras do homem mas que, no dizer de Popper, «de certo modo se soltam do homem e se tornam autónomas, até certo ponto», a que acrescenta: «o que é característico da linguagem humana é que ela tem também significado e esse significado não está apenas ligado ao lugar e tempo do falante; o significado pode ser independente do falante e do ouvinte» (Popper, 1987, p.71). Por conseguinte, para Popper há no mundo três uma parte autónoma, a vertente imaterial desligada, de algum modo, do espaço-tempo do sujeito e de que faz parte o conhecimento científico, que nesse sentido, é um conhecimento socializado, formulado linguisticamente e submetido à discussão crítica. Constitui, assim, o mundo público das construções partilhadas pelos cientistas relatadas em livros e relatórios de investigação, e, como tal, pertencem ao domínio da informação, da cultura. Por último, o mundo um é considerado o mundo dos objectos físicos, materiais; o mundo dos fenómenos físicos.

Estes três mundos interagem e é esta interacção que podemos considerar como a "formação da realidade": «a interacção que consiste de múltiplas reacções, dentro da qual trabalhamos com o método do ensaio e erro» (Popper, 1992, p.37). A elaboração do conhecimento seria, assim, desencadeada por problemas, pela existência de problemas-objectos do mundo três, que têm uma existência autónoma. Mas, «a compreensão do problema e a tentativa da sua resolução...» constituem, para Popper, «...uma actividade da consciência, do espírito humano» (ibid., p.35). A formação da realidade é assim uma realização do homem ou, como Popper diz: « Nós somos o autor da obra, do produto, e simultaneamente somos moldados por ela. (...) ao mesmo tempo que criamos, criamo-nos também a nós próprios através da nossa obra» (ibid., p.37).

São várias as consequências que decorrem desta perspectiva e que consideramos significativas para a compreensão da dialéctica sujeito-objecto.

Por um lado, realça que o conhecimento, em geral, e o conhecimento científico, em particular, é um produto do espírito humano; exige a intervenção da consciência humana, do sujeito. Possibilita assim denunciar a ilusão do acesso directo ao conhecimento através dos dados sensoriais: as teorias são estruturas complexas produzidas por actividades criativas da mente humana, mais do que por generalização indutiva a partir dos dados de observação. São os problemas, objectos do mundo três, que desencadeiam o processo de elaboração do conhecimento científico.

Por outro lado, destaca o papel significativo do sujeito como inventor e investigador: é o sujeito, a consciência humana que investiga o mundo três, o mundo das teorias científicas mas este retroage sobre o mundo dois, o mundo das pessoas humanas pela acção recíproca entre as pessoas, mediada pela linguagem. Assim, este sujeito - observador, inventor e investigador- não é um sujeito puramente individual, como sublinha Fourez (1992), na medida em que observação, construção ou invenção estão

ligadas à linguagem e a pressupostos culturais, o sujeito está inserido numa rede social e, como tal imbuído de toda uma cultura e duma linguagem, produtos do mundo três.

Com a reintrodução do sujeito no processo de elaboração do conhecimento, estabelecendo a ligação entre conhecimentos e realidade por via da construção teórica que habita a "sua" observação, por um lado, desmistifica a ficção do observador neutro, objectivo e independente tal como é concebido nas epistemologias empiristas-indutivistas, e, por outro lado, levanta o problema da objectividade no processo de conhecimento considerado como um conceito absoluto.

2 - Objectividade e subjectividade em ciência

A questão da objectividade e subjectividade em ciência é polémica. A objectividade, considerada pelos empiristas-indutivistas como a pedra de toque da cientificidade da ciência, é entendida como «a capacidade para captar as regularidades do funcionamento da natureza e para expressar as suas leis de uma forma cada vez mais rigorosa e inequívoca, pelo recurso nomeadamente às matemáticas (...)» (Carvalho, 1988, p.33). Fundada sobre a ignorância e eliminação de todo o elemento subjectivo, procede à separação entre o sujeito e o objecto, através de uma relação neutra e distante, que passa pela construção precisa de instrumentos e pela eliminação da contaminação das fontes de tratamento. Portanto, nesta perspectiva epistemológica, a objectividade da ciência pressupõe a neutralidade conceptual do sujeito.

Ao reconhecer-se ao sujeito um papel constitutivo no processo de conhecer, várias questões se levantam relativamente ao conceito de objectividade, nomeadamente: Pode-se continuar a falar de objectividade em ciência? Ou, pelo contrário, trata-se de um conhecimento subjectivo, uma vez que não se consegue eliminar o papel do sujeito no seu processo de elaboração? Neste novo cenário, o que significa dizer que o conhecimento científico é objectivo? Tratar-se-á de um conceito absoluto ou relativo?

2.1 - Natureza objectiva/subjectiva do conhecimento científico

Para o senso comum a ciência é "objectiva": «pode-se confiar no saber científico porque é um saber objectivamente provado» (Chalmers, 1987, p.21). Com efeito a imagem corrente da ciência está associada a uma ideia da ciência construída com base em factos, feita de saberes certos, inquestionáveis, onde não há lugar para as opiniões pessoais, para as especulações da imaginação. É também esta a concepção de ciência das epistemologias empiristas-indutivistas.

A objectividade da ciência indutivista provém do facto da observação e do raciocínio indutivo serem eles próprios objectivos. Os enunciados de observação podem ser verificados por qualquer observador através do seus órgãos dos sentidos. A dimensão

pessoal, subjectiva, não tem aqui lugar. A sua validade não depende do gosto, nem da opinião, nem das expectativas do observador. O mesmo acontece para o raciocínio indutivo que gera o conhecimento científico a partir dos enunciados de observação. A objectividade inerente aos dados, considerados como factos certos e indiscutíveis, é transmitida às leis e teorias que se induzem a partir deles.

A objectividade do conhecimento científico é assim entendida como um atributo inerente às suas proposições enquanto descrições objectivas de uma realidade, também ela objectiva e, como tal, decorre da objectividade dos factos em que se fundamenta.

Todavia, esta objectividade é aparente apesar de sustentada por tratamentos matemáticos, por vezes complexos. Num cenário em que se reconhece ao sujeito um papel constitutivo do processo de conhecimento e em que se contesta a existência de uma realidade objectiva, que seja um dado em si, a objectividade não pode mais ser entendida como uma neutralização da subjectividade do sujeito no itinerário da ciência.

Coloca, contudo, a questão de se saber se deste modo não se está a pôr em causa a própria objectividade da ciência, ou melhor, ao admitir-se que o conhecimento é uma construção do homem, não se estará a fazer um retorno à subjectividade da ciência, tão combatida pelos cientistas em prol da objectividade?

A objectividade no sentido tradicional constituía-se em oposição à subjectividade no sentido em que a individualidade do sujeito, com os seus interesses, paixões, etc., influía sobre a sua observação. Queria-se evitar toda a interpretação livre, subjectiva, decorrente de uma visão parcial ou incompleta.

Esta dualidade entre objectividade e subjectividade é considerada por muitos autores como uma falsa questão. Sobre esta dicotomia entre a objectividade e a subjectividade, Jacques Désautels diz-nos o seguinte: «(...) tanto é falso crer que o mundo se reduz à representação que eu faço dele, como é falso imaginar-se poder conhecer o mundo fora de toda a representação. Neste sentido os limites do meu mundo são os limites das linguagens de que disponho. (...) Não se trata, como se vê, de defender que o mundo é uma pura construção do espírito humano e que cada indivíduo é livre de proceder à construção que melhor lhe convém. Porque a linguagem, instrumento de comunicação como de representação, não é um utensílio privado mas um processo social. A permuta de perspectivas entre indivíduos humanos, a intersubjectividade portanto, é o fundamento da objectividade do pensamento»¹².

A este propósito Popper distingue duas espécies de "conhecimento": o conhecimento subjectivo e o conhecimento objectivo. O conhecimento subjectivo consiste, na sua perspectiva, de disposições e expectativas dos organismos; é um saber pessoal, individual e, como tal, é um conhecimento do mundo dois. O conhecimento no sentido objectivo consiste do conteúdo lógico das teorias, ou, utilizando as suas palavras, é

¹² . Désautels (J.)-1984-Epistemologie et Didactique des Sciences. Service des Publications. Conseil des Sciences du Canada. Ottawa. cit. in Robardet e Guillaud (1994).

«composto de proposições, que podem ser falsas ou verdadeiras, que descrevem um estado de coisas que pode corresponder ou não à verdade» (Popper, 1992, p.32).

Este conhecimento objectivo é parte do mundo três; pertence à parte autónoma do mundo três, pois são expectativas formuladas linguisticamente e submetidas à discussão crítica (Popper, 1975). Deste modo, para Popper o conhecimento científico é objectivo no sentido em que é um saber impessoal, ou seja, um saber sujeito à crítica racional e socializado mediante a linguagem.

A objectividade não é por si considerada como uma questão individual, mas «uma questão social da sua crítica recíproca», e, por isso, «dependente em parte de todo um conjunto de circunstâncias, sociais e políticas, que tornem possível tal crítica» (Popper, 1992, p.78).

Esta distinção que Popper faz entre um "conhecimento subjectivo" e um "conhecimento objectivo", reenvia, segundo Lerbet (1986), à diferença que Legroux (1981) estabelece entre conhecimento e informação.

Para este autor, o conhecimento é de ordem pessoal, é da ordem do ser e, por isso, é inefável e incomunicável. A informação, pelo contrário, é exterior ao sujeito, é da ordem do social. A interface entre o conhecimento e a informação é, segundo Legroux, da ordem do saber.

Lerbet realça a importância desta noção do saber como um sistema interface, na medida em que permite compreender «as permutas que ocorrem nos dois sentidos entre um sistema cognitivo rico de conhecimentos [sistema-pessoa] e as informações que lhe são exteriores» (Lerbet, 1986, p.22).

Deste modo, pode considerar-se como uma interface de saber a interface entre o mundo dois (o mundo do conhecimento inefável, dito "conhecimento subjectivo" por Popper) e o mundo três (o mundo da informação ou do conhecimento objectivo).

Para Lerbet é nesta interface de saber «que se operam as transformações do conhecimento e da informação, para passarem de um a outro nos dois sentidos» (Lerbet, 1988, p.140), portanto «uma dupla circulação de permutas que transformam a "energia cognitiva" em cientificidade» (Lerbet, 1986, p.33).

Mas esta dupla circulação comporta riscos, ligados às perdas informativas que ocorrem na cadeia de transformações recíprocas entre conhecimento, saber e informação; riscos que evidenciam o carácter contingente, parcial e temporário do conhecimento que se produz.

Estas posições epistemológicas prefiguram um conceito de objectividade diverso do conceito tradicional, pois não exclui os valores e as finalidades inerentes à investigação, mas a sua consciencialização. Pressupõe, na perspectiva de Edgar Morin «uma plena utilização da subjectividade» como condição de «uma plena utilização da vontade de objectividade» (Morin, 1984, p.21). Por outro lado, esta «dialógica subjectividade /objectividade» exige, na óptica deste autor, «a auto-reflexividade, a autocrítica, a qual exige a heterocrítica, o trabalho colectivo» (ibid., p.21).

Neste contexto, a objectividade da ciência pressupõe uma negociação de sentido, que tem lugar na comunidade científica; exige que o conhecimento seja assumido intersubjectivamente, o que só sucederá por mediação do sujeito do conhecimento: «este tem de ter e dar de si um conhecimento social racional como condição para tornar credível o conhecimento que tem e dá do mundo» (Sousa Santos, 1989, p.84).

A objectividade que aqui se refere não é, portanto, a propriedade de algo que corresponde à realidade. É, pelo contrário, o atributo de algo que obtém o consenso numa discussão argumentativa e, neste sentido, deixa de ser um conceito absoluto, mas relativo.

2.2 - Verdade e certeza em ciência

Relacionado com o problema da objectividade está a questão da verdade e da certeza em ciência. Tal como no caso da objectividade, analisar o conceito de verdade em ciência pressupõe uma reflexão sobre a questão problemática da relação entre as teorias científicas e o mundo, ao qual é suposto aquelas se aplicarem.

Numa perspectiva tradicional, empirista-indutivista, a verdade da ciência fundamenta-se num conhecimento científico considerado como o reflexo do real. É estabelecida através de uma observação atenta em que «qualquer observador pode estabelecer ou verificar a verdade das observações recorrendo directamente aos seus sentidos» (Chalmers, 1987, p.23), e, deste modo, os dados da observação são considerados os fundamentos seguros, certos do saber científico.

Assim concebida, a verdade é considerada uma verdade absoluta, que contém em si a prova empírica através de dados verificados por observações e experimentações diferentes e a prova lógica decorrente da coerência das teorias (Morin, 1982). O conhecimento científico é, deste modo, considerado como certo, incontestável e irrefutável.

Contudo, esta ideia de verdade é posta em causa pela epistemologia contemporânea, nomeadamente pelos trabalhos de diversos epistemólogos como Popper, Kuhn, Lakatos e Feyerabend que, de acordo com Morin (1982), mostraram que as teorias científicas, tais como os icebergues, têm uma parte imersa enorme que não é científica, mas que é indispensável para o desenvolvimento da ciência. Com efeito, de acordo com este autor, as teorias enquanto sistemas de ideias que dão forma, ordem e organização aos dados em que se baseiam e aos quais se procuram adequar, são mutáveis e refutáveis e não reflexos do real.

Este carácter refutável é também posto claramente em evidência por Popper, que se opõe à ideia de um saber que aspira à certeza. Para este epistemólogo, o conhecimento é uma procura da verdade e não a procura da certeza pois, na sua perspectiva, todo o conhecimento é falível e incerto e tem um carácter hipotético e conjectural que

pressupõe uma crítica racional ao serviço da busca da verdade (1987, 1992)¹³. Popper embora considere que «uma teoria ou proposição é verdadeira quando o facto por ela descrito está de acordo com a realidade» (1992, p.18), a verdade da ciência é por si entendida como um ideal a atingir ou «um princípio regulador» (1982, p.251), na convicção de que o conhecimento científico tem sempre um carácter falível e incerto. Deste modo, o processo de procura da verdade está, na sua perspectiva, associado à procura ou pesquisa do erro e ao seu combate e eliminação; traduz-se em «fazer tudo para detectar e eliminar tudo o que é falso» (Popper, 1992, p.18).

Também Morin parece estar de acordo com esta ideia de verdade, quando afirma que «o jogo da ciência não é o jogo da posse e do alargamento da verdade, é o jogo onde o combate pela verdade se confunde com a luta contra o erro» (Morin, 1982, p.31).

Entendida deste modo, a verdade da ciência não decorre de uma descrição do mundo tal como ele é, mas da contestação das suas próprias estruturas de pensamento por meio de um diálogo incessante com o mundo dos fenómenos.

Outros autores, como Fourez consideram que a verdade científica, tal como a objectividade, «representam uma estrutura provisoriamente estável, resultado da negociação de pontos de vista dos humanos entre si e dos humanos com as coisas» (Fourez, 1992, p.216). Também Boaventura Sousa Santos considera que a verdade, do mesmo modo que a objectividade, é o resultado, provisório e momentâneo, de uma negociação de sentido: «é o efeito de convencimento dos vários discursos de verdade em presença» (Sousa Santos, 1989, p.109).

A verdade é, deste modo, também considerada intersubjectiva: construída por via da interacção entre a subjectividade de cada um. Quando tal acontece, o discurso passa de subjectivo a objectivo.

3 - Processo de produção do conhecimento científico

A reflexão sobre o conhecimento científico desenvolvida nas secções anteriores procurou evidenciar que a forma como o conhecimento progride e se elabora é mais complexa que um processo de inferência indutiva a partir dos dados de observação. A natureza do processo de elaboração e de desenvolvimento científico são aspectos centrais do debate epistemológico contemporâneo, nomeadamente sobre os dispositivos pelos quais uma teoria pode substituir uma outra teoria. O que é que faz com que, num certo momento, uma dada teoria seja abandonada, caia em descrédito? É uma questão fulcral nos trabalhos de epistemólogos como Popper e Kuhn que, embora baseando-se na análise da história da ciência e tomando em consideração o modo como a ciência tem

¹³ Popper (1987, 1992,...) estabelece uma distinção entre verdade e certeza. Na sua perspectiva, a verdade não deve ser confundida com a certeza, pois enquanto a verdade é algo de objectivo que traduz a concordância com os factos; a certeza é algo de subjectivo, influenciado por convicções subjectivas.

sido realmente praticada, desenvolvem perspectivas diferentes em resposta a esta questão.

A complexidade do trabalho científico e as diferenças de personalidade e de conhecimento entre os próprios cientistas torna inevitável, de acordo com White (1983), a diversidade de pontos de partida no desenvolvimento da actividade científica.

3.1 - Progresso da ciência

O progresso da ciência deve-se, numa perspectiva empirista-indutivista, à acumulação de factos obtidos pela observação e experiência. Os factos cada vez mais sofisticados e especializados, pelo aperfeiçoamento das observações e experiências, ampliarão o grau de generalidade e o domínio de aplicação das teorias estabelecidas por processos indutivos. Deste modo, considera-se que a ciência progride de forma contínua e linear, apoiando-se sobre um corpo de dados de observação cada vez maior.

Esta ideia de progresso configura uma concepção continuista da história da ciência que avança por acumulação de verdades objectivas, verificadas, certas e definitivas, independente do contexto social, histórico, político e económico, e que tem sido fortemente contestada no âmbito da epistemologia contemporânea.

Para Piaget e Garcia (1987) «as etapas do saber não se sucedem simplesmente em ordem linear ...» (Piaget e Garcia, 1987, p.22), o que não quer dizer que o progresso do conhecimento não se faça por reconstrução de conhecimentos anteriores, de saberes mais elementares. Por outro lado, para estes autores, na ciência não há teorias definitiva e universalmente estabelecidas: «a ciência está em perpétuo devir e não pode considerar nenhum sector, por mais limitado que seja, como definitivamente estabelecido sobre as suas bases e protegido de qualquer modificação posterior (...), uma verdade, considerada como geral, apenas constitui um caso particular ...» (ibid., p.22).

Para Kuhn (1983) as noções de ciência e de progresso estão intimamente ligadas, considerando este como um atributo evidente da ciência. A especificidade da visão khuniana de ciência e do seu progresso reside sobretudo na sua teoria dos paradigmas¹⁴. O paradigma, embora seja uma noção ambígua e por isso alvo de muitas

¹⁴ . A tese fundamental de Kuhn baseia-se na opinião de que numa ciência "madura" -ciência que ultrapassou a fase pré-paradigmática, em que coexistem vários paradigmas em simultâneo- ocorre uma sequência alternada de períodos de ciência normal e de períodos de ciência extraordinária. Nos períodos de ciência normal, os mais extensos, a comunidade científica partilha um determinado paradigma (vide nota 15) e a pesquisa desenvolvida pela comunidade científica, nestes períodos, incide na procura de implicações internas ao paradigma vigente. A actividade desenvolvida traduz-se na resolução de enigmas, cuja solução é garantida pelo paradigma. A detecção de "anomalias", que resistem à explicação no quadro do paradigma vigente, propicia a crise deste paradigma. Ao período de ciência normal sucederá, então, um período de ciência extraordinária em que coexistem vários quadros paradigmáticos, ocorrendo o que Kuhn designa por revolução científica, ou seja, uma mudança de paradigma. A este período de ciência extraordinária seguir-se-á um período de ciência normal, quando um dos paradigmas em conflito reunir novamente o consenso da comunidade científica Kuhn (1983: 1989).

críticas¹⁵, aparece como o conjunto de valores partilhados que determinam o campo de escolhas do grupo que os partilha - a comunidade científica.

O progresso da ciência reside, na sua perspectiva, na tensão entre a manutenção da tradição de pesquisa e o impulso à inovação. Mais precisamente, é na tensão tradição/inovação que assenta, segundo Kuhn, a dinâmica da actividade científica e é ela que permite fornecer os dispositivos pelos quais uma teoria pode substituir outra.

A evolução da ciência tem assim, segundo este epistemólogo, uma natureza dual: cumulativa e revolucionária. Por um lado, a ciência evolui por produção de conhecimentos à luz de previsões feitas com base em qualquer teoria existente e que têm, por isso, um carácter de adição ao conhecimento já elaborado. Esta forma de evolução ocorre nos períodos que Kuhn designa por períodos de "ciência normal", ou melhor, na "ciência sujeita a paradigma", em que não se põem em causa as teorias vigentes nem há a preocupação, no seio da comunidade científica, em encontrar novidades importantes quer no domínio dos conceitos quer no domínio dos fenómenos, e, como tal, «é cumulativa» (Kuhn, 1983, p.139). Por outro lado, a ciência progride por mudanças de paradigma que Kuhn considera serem "revoluções científicas". No seu estudo sobre a estrutura das revoluções científicas, Kuhn sugere que as "crises" são condições necessárias e prévias ao aparecimento de novas teorias. Uma crise instala-se devido à falta de confiança num conjunto de teorias e métodos como meios de investigação e de explicação dos fenómenos de um dado domínio científico, que gera «discussões frequentes e profundas sobre os métodos legítimos, os problemas e as soluções aceitáveis» (ibid., p.77). O triunfo de uma nova teoria ocorre por um processo de conflito com o anterior paradigma.

A concorrência entre dois paradigmas constitui assim, para Kuhn, o único processo histórico que leva à rejeição das teorias anteriormente aceites e à aceitação de uma nova teoria. Trata-se de um conflito de teorias ou, num sentido mais lato, de um conflito de paradigmas que se estabelece em vários campos.

Para a resolução deste conflito confluem diversos factores para além da lógica e experimentação: factores culturais, como sejam os conceitos e ideias que cada um possui e as conjecturas que cada um faz e factores de índole social associados às

¹⁵ . A introdução do conceito de paradigma é feito por Kuhn, historiador e filósofo da ciência, no seu livro "The Structure of Scientific Revolutions", publicado em 1962. No entanto, são vários os autores que referem a ambiguidade com que Kuhn definiu este conceito. Margaret Masterman (1970, p.61), no célebre debate filosófico Popper/Kuhn que se realizou em Londres em 1965, afirma que Kuhn utiliza o termo paradigma com pelo menos vinte e um sentidos diferentes. Dada a ambiguidade do termo, são diversas as concepções de paradigma propostas ou usadas. Por exemplo, para Husén (1986), um paradigma pode ser considerado como um "artefacto cultural" que reflecte as noções dominantes sobre o comportamento científico de uma dada comunidade científica, nacional ou internacional, num dado momento.

Utilizamos, aqui, o termo paradigma numa das acepções que Kuhn lhe dá: «conjunto articulado de postulados- conceptuais, teóricos, instrumentais e metodológicos» que fornece «problemas e modelos de soluções a uma comunidade de práticos durante um certo tempo» Kuhn (1983) cit. in Estrela (1986, p.123).

interacções entre os elementos da comunidade científica. Porém, um novo paradigma não leva necessariamente à rejeição do anterior; particularmente, como assinala Kuhn (Kuhn, 1983, p.142), se a sua teoria for de um nível superior, susceptível de interligar todo um grupo de teorias de nível inferior, mas sem trazer a nenhuma delas uma modificação importante, como é caso da dinâmica relativista e newtoniana. Todavia, ao ocorrer uma mudança paradigmática ocorre simultaneamente a rejeição das teorias até aí consagradas a favor de novas teorias com as quais são incompatíveis.

Esta mudança de tradição não corresponde, deste modo, a um processo cumulativo realizável a partir de variantes ou extensões do paradigma anterior; é sobretudo uma ruptura paradigmática baseada na reconstrução dos seus fundamentos, quer a nível teórico, quer a nível dos métodos e suas aplicações paradigmáticas.

Para o sucesso do novo paradigma é importante que ele resolva os problemas primordiais do seu campo e, em geral, as anomalias do anterior paradigma. Igualmente importante é a capacidade que um paradigma tem de prever fenómenos totalmente novos e a exactidão das suas previsões teóricas, bem como a possibilidade de fornecer uma visão mais exacta e aprofundada da realidade.

Popper, tal como Kuhn, também considera que o progresso do conhecimento científico é um atributo evidente da ciência. Refere, nomeadamente, que uma parte essencial do carácter racional e empírico do conhecimento científico se deve ao progresso contínuo desse mesmo conhecimento: «se deixa de progredir, a ciência perde o seu carácter» (Popper, 1982, p.241).

A evolução do conhecimento científico faz-se não como uma «simples acumulação de observações» mas como uma persistente tentativa de «substituição de teorias científicas por outras, melhores ou mais satisfatórias» (ibid., p.241). Popper inverte a problemática tradicional do progresso da ciência: a uma ideia de progresso como acumulação de verdades, contrapõe a ideia de um progresso por eliminação de erros na procura da verdade.

O progresso da ciência está assim intimamente relacionado com o princípio da falsificabilidade ou refutabilidade empírica proposto por este epistemólogo. Comparando o progresso da ciência a um processo de selecção natural, Popper concebe-o como um processo contínuo de refutação das teorias, com vista à obtenção de teorias mais aptas, com maior conteúdo de verdade, e como tal, mais falsificáveis. Neste processo as falsificações, ou seja, a testagem e a refutabilidade empírica mediante "experiências cruciais"¹⁶ constituem os factores privilegiados de desenvolvimento do conhecimento científico.

Assim, e por um lado, o desenvolvimento científico e a própria ciência «originam-se e terminam sempre em problemas de crescente profundidade e fertilidade, pelo facto de sugerirem novos problemas» (Popper, 1982, p.248). Por outro lado, o progresso da

¹⁶ . vidé cap.2. ponto 1.

ciência procede por correcções e modificações do conhecimento, embora não se trate, como salienta Popper (1975), de um processo cumulativo e repetitivo, mas de um processo de eliminação de erros. Nesse sentido, pode afirmar-se que com Popper a incerteza e o erro passaram a ser inerentes ao progresso da ciência, um progresso criativo, assente na resolução de problemas, onde a imaginação e a intuição intelectual, o raciocínio lógico, a observação e a experimentação interagem.

Destas duas posições epistemológicas relativas ao progresso da ciência relevam aspectos consensuais e divergentes.

O consenso reside, nas palavras de Kuhn (1970, 1989), no facto de ambos rejeitarem a visão tradicional de que a ciência progride por acréscimo e de ambos acentuarem o carácter revolucionário do processo pelo qual uma teoria mais antiga é rejeitada e substituída por uma nova e incompatível e, ainda, o facto de ambos salientarem o papel relevante que a lógica, a experimentação e observação assumem no progresso do conhecimento científico.

Como pontos de divergência destacam-se as críticas de Kuhn sobre a relevância que Popper atribui à experimentação e ao carácter de refutação constante no processo de desenvolvimento do conhecimento científico.

Para Kuhn, o estudo histórico do desenvolvimento científico «não evidencia nenhum processo que se assemelhe a um processo metodológico que consista em "falsificar" uma teoria por meio de uma comparação directa com a natureza» (1983, p.114). Embora admitindo que há processos de rejeição das teorias científicas e não negando o papel da experimentação nesse processo, Kuhn defende que o acto de ajuizar sobre as teorias envolve algo mais que esta comparação da teoria com o mundo envolvente. Para ele, a decisão de rejeitar um paradigma implica a aceitação de um outro e este processo de decisão envolve simultaneamente uma comparação dos dois paradigmas com a natureza e uma comparação entre si. Argumenta, ainda, que o aparecimento de factos anómalos não basta para a rejeição de um paradigma, quando muito esses factos podem contribuir para o aparecimento de uma crise ou aumentar a intensidade de uma crise já existente. Kuhn explica esta situação da seguinte maneira: o aparecimento de factos anómalos no decurso de uma investigação normal conduz a comunidade científica a elaborar adaptações da sua teoria de modo a eliminar esse conflito aparente ou, então, na melhor das hipóteses, esses factos contribuem para a elaboração de uma nova análise científica, no seio da qual deixam de ser uma dificuldade. Kuhn vai ainda mais longe na sua crítica a Popper quando afirma que «rejeitar um paradigma sem o substituir simultaneamente por outro é rejeitar a própria ciência» (1983, p.117).

Os motivos de dissensão são, na perspectiva de Gil (1979), devidos essencialmente a diferenças na importância concedida a um ou outro aspecto do desenvolvimento histórico da ciência. Popper privilegiou os momentos críticos no desenvolvimento da ciência e Kuhn incidiu a sua análise sobretudo nos períodos de investigação normal. Contudo, no essencial Gil considera que as duas teses são compatíveis, pois, como

refere, as anomalias que se encontram na origem de uma mudança de paradigma não são senão os testes que falsificam as teorias.

Apesar dos antagonismos que se evidenciam, destas posições epistemológicas releva que o progresso da ciência não pode mais ser entendido, como refere Morin, como «uma noção linear, simples, segura, irreversível», para tornar-se «complexa e problemática» (Morin, 1982, p.50), ou seja, uma noção de progresso que envolve a auto-crítica e a reflexividade que, no caso de Kuhn, se verificam sobretudo nos períodos de ciência extraordinária e em Popper são uma atitude constante.

Todavia, para compreender melhor como progride o conhecimento, torna-se necessário analisar o seu próprio processo de elaboração e as intenções que presidem à prática científica. É sobre estes aspectos que nos iremos debruçar a seguir.

3.2 - Natureza do processo

Francis Bacon foi um dos primeiros filósofos da ciência a tentar formular, em princípios do século XVII, o método da ciência moderna. Este método considerado específico e distintivo da ciência baseou-se, de acordo com Morin, na disjunção do sujeito e do objecto, na «eliminação por princípio do sujeito observador, experimentador e conceptor da observação, da experimentação, da concepção (...)» (Morin, 1982, p.29). De facto, de acordo com posições filosóficas empiristas-indutivistas, o conhecimento advém da percepção directa (através dos órgãos dos sentidos) de uma realidade "objectiva". As ideias e teorias científicas atingem-se por um processo de indução.

A actividade científica traduz-se, assim, numa sequência de processos hierarquicamente organizados, que se inicia com a observação dos "factos". As observações são consideradas objectivas e os factos imutáveis. A partir de tais "factos" podem ser feitas generalizações e a indução de hipóteses e teorias.

Esta concepção de actividade científica tem subjacente uma imagem de um método científico, universal que, caminhando sistematicamente dos factos para as ideias, conduz a teorias que traduzem verdades absolutas, a teorias universalmente aceites.

Para Fourez (1992) é uma ilusão considerar que se podem reduzir os múltiplos métodos da prática científica a um método científico único, à utilização de uma única racionalidade, como têm evidenciado recentes estudos no âmbito da sociologia da ciência¹⁷. Pelo contrário, como argumenta este autor, na prática os cientistas utilizam «todo o engenho e a criatividade dos melhores artesãos e dos diplomatas para negociar com os mundos sociais e naturais com vista à construção de representações que correspondam às funções visadas» (Fourez, 1992, p.65).

¹⁷ . Fourez (1992, p. 65), referencia que recentemente têm sido feitos vários estudos "epistemológico-socio-antropológicos" desenvolvidos por sociólogos da ciência sobre o funcionamento dos laboratórios de investigação, com vista a uma descrição mais concreta sobre como se desenvolve o trabalho científico. Dentre estes estudos, refere os de Latour (1984); Latour e Woolgar (1977); Till (1983) e Feltz (1991).

A ciência não pode, portanto, ser considerada como uma actividade neutra, que obedeça apenas à sua própria lógica interna e que funcione independentemente do contexto social, histórico e económico e, em que os cientistas possuem um método todo poderoso e infalível para alcançar a verdade sobre o universo. Ao reintroduzir-se o sujeito e os seus projectos no processo de conhecimento, são decisões humanas e não uma racionalidade universal e clara que estão na base da produção do conhecimento, na escolha e testagem das leis. Deste modo o trabalho científico surge como um «processo humano, feito pelos homens, para os homens e com os homens» (Fourez, 1992, p.77).

Também Popper e Kuhn, assim como outros epistemólogos contemporâneos, rejeitam a ideia de que a actividade científica é uma actividade neutra, bem como a existência de um método científico bem definido que permita induzir teorias correctas a partir de factos, ou mesmo que as teorias, correctas ou incorrectas, sejam produtos da indução. Consideram a actividade científica como uma actividade humana em que o cientista é visto como um sujeito que participa activamente na invenção de teorias que expliquem os fenómenos observados, em função de objectivos reais. Por outro lado, ambos acentuam o entrelaçamento íntimo e inevitável entre a teoria e observação científica na resolução de problemas com vista à produção do conhecimento científico.

Todavia, apesar destes pontos de convergência, é possível identificar diferenças significativas relativamente à natureza do processo de produção do conhecimento científico e que importa analisar. Estas diferenças centram-se, sobretudo, de acordo com Gil (1979), nas intenções que presidem à actividade científica, que para Popper são audazes e heróicas e para Kuhn são fundamentalmente anti-inovadoras. Assim, Popper interessa-se pelos momentos críticos da actividade científica e Kuhn pelas práticas científicas correntes, que ele nomeia como "ciência normal".

Pode dizer-se que a característica essencial da ciência é, de acordo com a perspectiva de Popper, a sua abertura à refutação e correcção e, a rejeição de qualquer visão dogmática, fechada do conhecimento. A ciência é essencialmente crítica, envolve a construção de conjecturas controladas pelo criticismo, e, neste sentido pode ser considerada revolucionária (Popper, 1970).

Neste contexto, este epistemólogo considera que o método da ciência é o "método crítico": «o método da pesquisa e da eliminação do erro ao serviço da busca da verdade, ao serviço da verdade» (Popper, 1992, p.18), onde nem a observação nem a razão constituem a autoridade. Proceder-se à adopção ou rejeição de teorias científicas (a título de ensaio) através do raciocínio crítico combinado com os resultados da observação e da experimentação (Popper, 1987). Deste modo, cada teoria resulta da modificação de uma teoria anterior, onde a observação e outros acontecimentos podem desempenhar um papel fundamental.

Neste processo de produção de conhecimento em geral, e científico em particular, assumem especial relevância os problemas. Os problemas constituem sempre o ponto de partida do trabalho científico. Sem problemas não há saber: problemas que surgem da

detecção de erros, de contradições entre o nosso saber e a realidade (Popper, 1992). A actividade científica, enquanto actividade de resolução de problemas, consiste «na experimentação das tentativas de solução» (ibid., p.73) dos problemas de que parte. Trata-se de um processo de conjecturas e refutações: uma conjectura inicial, uma teoria, podem ser livremente elaboradas, mas têm que se sujeitar à prova de fogo de um teste, à sua refutabilidade empírica. Com efeito, para Popper, primeiro vem a ideia e depois a dedução a partir da ideia e a comparação com os factos observáveis.

Da posição epistemológica de Popper releva que o conhecimento é uma construção mental, dependente de teorias prévias, de certos pressupostos e capacidade imaginativa. A sua ligação com o mundo concreto faz-se através de um processo de testagem e possível refutação. Neste processo as observações adquirem nova significação: elas são influenciadas pela estrutura teórica do observador, quer se trate de um cientista ou de um aluno. Os problemas estão na base do conhecimento e da aprendizagem: «o problema suscita o desafio de aprender, avançar o nosso conhecimento, experimentar e observar» (Popper, 1982, p.247). Esta relevância da resolução de problemas é ainda ilustrada por Popper quando afirma que «viver é resolver problemas», pois considera que os «problemas surgem com a vida, pertencem à relação entre o ser vivo e o mundo» (1987, p.68) e, deste modo, as teorias não são mais do que tentativas de resolução de problemas. Portanto, para Popper o trabalho científico é um trabalho criativo, um trabalho de imaginação e de invenção, através do qual a comunidade científica substitui determinadas representações por outras consideradas mais adequadas aos projectos humanos. Neste processo de desenvolvimento da ciência, a conflitualidade e a discussão crítica desempenham um papel fundamental.

Também Morin (1984) reconhece a conflitualidade como condição do jogo da investigação, do pensamento, do conhecimento.

Kuhn (1970; 1983), pelo contrário, atribui um papel de realce, no progresso do conhecimento científico, à actividade científica que se desenvolve nos períodos de "ciência normal", em que se procede ao desenvolvimento conceptual de uma teoria e se processa a maturação das ideias científicas.

Esta actividade científica decorre no quadro de um dado paradigma que define as regras do jogo, que determina os critérios de acordo com os quais cada um selecciona e define problemas a pesquisar, bem como as abordagens e processos científicos a privilegiar. Neste cenário, o paradigma constitui uma espécie de totalidade epistemológica, psico-social e educativa, como refere Gil (1979), portanto, um resultado educativo fundamental, aceite pelos membros de uma comunidade científica, que inclui ao mesmo tempo uma teoria e algumas aplicações tipo aos resultados das experiências e observações. Deste modo, a investigação normal é uma actividade altamente convergente baseada num consenso estabelecido e que visa fundamentalmente «proceder à determinação de factos científicos, à concordância dos factos com a teoria, com vista à precisão da teoria que o paradigma forneceu».(Carrilho, 1979, p.31).

Portanto, é dirigida para um conhecimento mais aprofundado dos fenómenos e teorias nele implícitas, ou melhor, para a articulação dos fenómenos com as teorias que enquadram o paradigma (Kuhn, 1983) e não a sua refutação ou discussão crítica, ou, ainda, a invenção de novas teorias.

A actividade científica "normal" é, no dizer do próprio Kuhn, uma actividade de "solução de enigmas" (puzzle solving)¹⁸, em que a natureza da solução é garantida pelo paradigma. O cientista é, sobretudo, um resolvidor de enigmas, de "puzzles", do tipo palavras cruzadas ou problemas de xadrez, em que «a teoria corrente é necessária para definir esse enigma e para garantir que ele possa ser resolvido» (Kuhn, 1989, p.328) e não tanto um resolvidor de problemas, como o descreve Popper¹⁹. Assim, em oposição a Popper, que realça o papel da conflitualidade entre teorias para a elaboração e progresso do conhecimento científico, Kuhn vê a resolução de "puzzles" como uma forma de aumentar a correspondência e eliminar conflitos entre teorias diversas. Neste sentido, a resolução dos "puzzles" são considerados por Kuhn como desafios, testes às capacidades dos cientistas e não das teorias. A sua importância decorre do contributo que as suas soluções ou resultados podem dar para o aumento da precisão e alcance do campo de aplicação do paradigma (Kuhn, 1983). O desafio que se coloca à resolução desses problemas, cujas soluções são à partida conhecidas com uma aproximação bastante grande, reside na necessidade de inventar um caminho, de se encontrar uma maneira de se chegar a esses resultados já previstos.

Neste contexto, resolver um problema no quadro da investigação normal, em que os problemas e as suas soluções são ditadas pelo paradigma vigente, consiste na elaboração de um plano de resolução, ou seja, como diz Kuhn, «é encontrar uma via nova para se chegar ao que se previu, o que implica a resolução de toda a espécie de enigmas no plano instrumental, conceptual e matemático» (Kuhn, 1983, p.62).

Pode pois dizer-se que a actividade científica normal é uma actividade de resolução de problemas, tipo enigmas ou "puzzles", em que as regras do jogo são condicionadas por uma rede de imperativos conceptuais, teóricos, instrumentais e metodológicos, e, portanto, altamente determinada e coerente no quadro paradigmático aceite pela comunidade científica num dado momento.

Ora o reconhecimento da existência de imperativos de natureza diversa, como se referiu, faz supor que também para Kuhn não há um método específico e universal da ciência. As regras do jogo do trabalho científico não são fixas e universais, mas função

¹⁸ Kuhn (1983), no texto em inglês designa esta actividade por "puzzle solving". Na edição francesa do seu livro *The structure of Scientific Revolutions*, esta actividade é designada por "résolution des énigmes", e a sua análise é desenvolvida no capítulo III, pp.60-70.

¹⁹ Kuhn (1989, pp.328-329), refere-se explicitamente a estas divergências, afirmando que: «É importante verificar que, quando descrevo o cientista como resolvidor de enigmas e Sir Karl o descreve como resolvidor de problemas (...), a semelhança dos nossos termos mascara uma divergência fundamental. (...) Uso o termo "enigma" em ordem a acentuar que as dificuldades que *em geral* mesmo os cientistas muito bons enfrentam são, como palavras cruzadas ou problemas de xadrez, desafios apenas às suas capacidades. *Ele* está em dificuldades, não a teoria vulgar».

do paradigma vigente num determinado momento e dos constrangimentos que ocorrem nesse período paradigmático. Por outro lado, Kuhn faz ressaltar a importância da teoria-paradigma no desenvolvimento de todo o trabalho científico: na definição dos problemas significativos e predição das suas soluções; na concepção da experimentação e aparelhagem susceptível de resolver o problema; na análise, discussão e avaliação dos resultados experimentais obtidos como soluções dos problemas.

A testagem de teorias ocorre, na perspectiva de Kuhn, nos períodos de "ciência extraordinária"²⁰, períodos de crise paradigmática em que devido à acumulação de "anomalias"²¹-resultados inesperados, contrários às predições decorrentes do paradigma- se processa uma "revolução científica", uma mudança de paradigma. Ao ocorrer uma mudança paradigmática, ocorre simultaneamente quer uma rejeição de teorias científicas consagradas anteriormente, quer uma mudança dos problemas considerados pertinentes para a investigação científica, quer ainda a transformação da própria concepção do mundo na qual se efectuará o trabalho científico. É neste sentido que se expressa Kuhn (1983) quando refere que a invenção de uma nova teoria implica uma mudança nas regras que governavam até aí a prática científica e um novo olhar sobre o mundo. Para Kuhn, é nestes períodos de investigação extraordinária que a actividade científica apresenta características semelhantes às que Popper lhe atribui (1970; 1989). Acusa, por isso, Popper de caracterizar «todo o empreendimento científico em termos que só se aplicam às suas partes ocasionalmente revolucionárias» (Kuhn, 1989, p.330).

Com uma posição epistemológica algo diversa, refere-se Polanyi e também Ravetz,²² para quem a ciência é uma actividade que necessita especialmente de aptidões no uso das mãos: «o trabalho científico é necessariamente uma actividade de "ocupação" -"craft activity"- que depende do conhecimento pessoal de determinadas coisas e de um juízo subtil das suas propriedades» (Ravetz, 1971, p.15). Nesta concepção de ciência destaca-se, pela sua importância, a noção de "conhecimento tácito" desenvolvida por Polanyi, no seu livro "Personal Knowledge". É um conhecimento intuitivo, adquirido directamente através dos sentidos, distinguindo-se assim do "conhecimento explícito" que é um conhecimento articulado e cognitivamente assimilado em teorias formadas conscientemente.²³ Trata-se de um conhecimento experiencial que se adquire fazendo

²⁰. vide nota 14.

²¹. Kuhn (1983, p.12) designa por "anomalia" os factos contrários a toda a expectativa, e refere que o aparecimento de "crises" corresponde ao insucesso continuado das tentativas repetidas para que uma anomalia se conforme à regra. Kuhn aprofunda estas noções no capítulo V, pp.82-99 e no capítulo VI, pp.100-114.

²². Estes epistemólogos são referidos por Woolnough e Allsop (1985, p.7). As obras fundamentais de Polanyi são "Personal Knowledge", Routledge and Kegan Paul (London), 1958, e "Knowing and Being", Routledge and Kegan Paul (London), 1969. De Ravetz, destaca-se o livro "Scientific Knowledge and its Social Problems", Oxford Univ. Press (New York), 1971.

²³. op.cit.pp.33-35.

ciência e, não pela aprendizagem das regras sobre como fazer ciência. O cientista deve ser um «um artifice perfeito, que aprende como fazer coisas sem ser capaz de apreciar porque é que elas funcionam»²⁴. Portanto, através da experiência, pela prática, o cientista construirá um sentir pessoal, um conhecimento tácito dos materiais e conceitos com os quais trabalha e desenvolverá assim um sentido de apropriação daquilo que deverá ser feito ao confrontar um determinado problema.

Nesta perspectiva a formação do cientista ocorre sobretudo por uma aprendizagem por repetição, a que Popper (1987) contrapõe uma aprendizagem por tentativa e erro.

Com efeito, para Popper, só a aprendizagem por tentativa e erro, através de conjecturas e refutações, é relevante para o crescimento do nosso conhecimento. É a única que permite adquirir novas informações, descobrir novos factos e problemas, quer práticos quer teóricos, e encontrar novas soluções, bem como o desenvolvimento de novas aptidões, de novas maneiras de fazer (Popper, 1987).

A aprendizagem por repetição, através da prática, não permite encontrar uma solução para um problema. Permite apenas familiarizarmo-nos com «uma solução previamente descoberta por tentativa e erro» (Popper, 1987, p.72); serve apenas para tornar inconscientes as nossas expectativas, tornar determinadas acções inconscientes.

Trata-se de duas posições epistemológicas em confronto.

Com efeito, para Polanyi a actividade científica, ainda que encarada como uma investigação de problemas, é vista, sobretudo, como uma "arte" ou uma "ocupação" onde o conhecimento tácito, esse conhecimento instintivo, intuitivo, dos fenómenos, permite saber quais os materiais a usar e as "linhas de ataque" a privilegiar, relegando para segundo plano «uma compreensão formal das propriedades dos materiais ou dos conteúdos do problema» (Woolnough e Allsop, 1985, p.33).

Constata-se, do que foi dito, que são diversas as interpretações que os filósofos da ciência fazem da natureza da actividade científica.

Perante esta diversidade questionamo-nos sobre qual o valor epistemológico da experimentação, do trabalho experimental na actividade científica, nas suas diferentes concepções.

²⁴. op.cit. p.7.

CAPÍTULO 2 - NATUREZA EPISTEMOLÓGICA DA EXPERIMENTAÇÃO

Tal como a natureza da actividade científica, também o papel da experiência e da observação na actividade científica tem sido objecto de inúmeras controvérsias. Os problemas que aqui se levantam giram em torno da base empírica da ciência e em torno do valor da observação e experimentação.

Das reflexões feitas no capítulo anterior ressaltou uma concepção de observação e também de experimentação diversa daquela que é defendida pelas epistemologias empiristas indutivistas.

Nesta perspectiva epistemológica, de acordo com o que referenciámos atrás, a observação e a experimentação desempenham um papel de realce no caminho para a descoberta da verdade. É pelo recurso à observação cuidadosa e à experimentação que o cientista tem acesso aos factos e à sua certificação com vista à sua ordenação, o mais perfeita possível. Pode dizer-se que, de acordo com esta perspectiva, a actividade científica começa e se constrói com base nos resultados das experiências: é recorrendo à experiência que a ciência tenta descobrir o que a Natureza esconde e comprovar o que já descobriu. Admite-se como pressuposto que há um espécie de correspondência unívoca entre as imagens projectadas na retina relativamente ao que se observa e as interpretações que delas se fazem. O sujeito é comparável a uma máquina fotográfica, e, deste modo, as características das observações só dependem das características físicas da máquina -o olho- e, do observável. O estatuto do sujeito envolvido no trabalho científico é o de um sujeito processador de dados. O fundamento seguro das leis e teorias científicas são, assim, os enunciados de observação comumente admitidos e não as experiências pessoais, subjectivas, dos observadores tomadas individualmente (Chalmers, 1987).

Por outro lado, vimos que das perspectivas de vários epistemólogos contemporâneos ressalta a ideia de que o que nós vemos depende não só das imagens que se formam na nossa retina mas também, e em grande parte, da nossa disposição de espírito, bem como do nosso nível cultural, dos nossos conhecimentos, das nossas expectativas, etc. Com efeito, assiste-se, com as novas correntes da filosofia da ciência, a uma (re)conceptualização do papel da observação e da experimentação na actividade científica. Faz-se preceder a experimentação de uma longa preparação teórica e técnica.

Em contraste com posições filosóficas empiristas-indutivistas, os factos não são mais considerados como ponto de partida, pois como argumenta Popper «primeiro vem a ideia, depois a dedução a partir da ideia e a comparação com factos observáveis» (Popper, 1987, p.27). Este epistemólogo não considera que os "factos científicos" sejam uma oferta gratuita do real. Admite, pelo contrário, que resultam de um longo percurso através da teoria.

Também outros epistemólogos contemporâneos como Kuhn, Bachelard, Lakatos, Feyerabend...convergem na ideia de que abordamos tudo, ou quase tudo, à luz de

teorias pré-concebidas; de que a teorização precede a observação, havendo um imbricamento inevitável entre a teoria, a observação e a experimentação. De acordo com Thomaz esta ideia constitui a «...pedra basilar das filosofias pós-baconianas da ciência» (Thomaz, 1987, p.126).

É uma outra concepção de método que enquadra estes aspectos epistemológicos consensuais. Pode dizer-se que, numa perspectiva racionalista, o "método científico" não é «uma representação linear, sequencial, uniforme e perene» (Santos, 1991, p.23) mas, de acordo com Bachelard, é algo pouco estruturado, sinuoso e incerto: «um método que procura o risco» (Bachelard, 1984, p.136).

Também Popper (1987) sublinha que não há nenhum método (no sentido tradicional do termo); há apenas a via da experimentação geral, da tentativa e do erro.

Contudo, para a compreensão do valor epistemológico da experimentação importa também analisar, para além destes aspectos consensuais, as diferenças nas posições epistemológicas relativas ao papel e estatuto da experimentação no processo de produção e de validação do conhecimento científico. Pela sua importância na reflexão epistemológica contemporânea referem-se as perspectivas de Popper e Kuhn relativamente a esta problemática.

1 - Perspectiva de Popper

A experimentação científica desempenha, segundo Popper, um papel fundamental na actividade científica, considerada como um processo de conjecturas e refutações (Popper, 1975). Partindo do pressuposto de que a ciência não pode ser comprovada, certificada, mas tão só denunciar a falsidade de teorias falsas, argumenta que a experimentação não deve funcionar no sentido de uma confirmação positiva (verificabilidade) das nossas hipóteses mas, antes, como tentativa de rectificação de erros contidos nessas hipóteses, no sentido de uma confirmação negativa (falsificabilidade).

A este propósito, sublinha que «a observação e a experimentação repetidas funcionam, na ciência, como testes das nossas conjecturas ou hipóteses, isto é, como tentativas de refutação» (Popper, 1982, p.83).

As experiências e as observações são, assim, consideradas como meios de refutabilidade empírica, ou seja, um meio de pôr à prova empiricamente uma teoria com vista à sua falsificação.

Todavia, nem todas as experiências e observações podem ser consideradas decisivas do ponto de vista da infirmação das teorias; há critérios a ter em conta. Para Popper «qualquer teste empírico sério consiste sempre na tentativa de encontrar refutação, um contra-exemplo» (ibid., p. 265). Esta procura de contra-exemplos faz-se, na sua

perspectiva, à luz do nosso "conhecimento contextual"²⁵ e, deste modo, são as teorias que nos ensinam a observar, isto é, a formular conjecturas que orientam a observação e a sua interpretação.

Fourez, referindo-se às "experiências cruciais" no sentido de Popper, afirma que são «experiências estruturadas numa dada teoria, em que se estima que se não se obtiverem determinados resultados, a teoria deve ser abandonada» (Fourez, 1992, p.62). Neste processo, os "falsificadores potenciais"²⁶ de uma teoria desempenham um papel fundamental, na medida em que esses enunciados básicos descrevem acontecimentos logicamente possíveis e, como tal passíveis de serem observados (Popper, 1987).

Decorre do que foi dito que a testagem científica é vista por Popper como uma forma de tentar provar a falsidade de uma teoria, por predição, observação e experimentação. Neste processo o teórico e o experimental estão inexoravelmente ligados, pois como ele próprio afirma «a teoria domina o trabalho experimental, desde o seu planeamento inicial até aos toques finais no laboratório» (Popper, 1974, p.115). Deste modo, a observação e, com maioria de razão, os enunciados de observação e enunciados sobre resultados experimentais, enquanto produtos linguísticos, são sempre interpretações de factos observados, interpretações à luz de teorias. É também o quadro teórico que, por um lado, permitirá ajuizar se uma experiência dá uma resposta no sentido positivo ou negativo, isto é, se corrobora ou infirma o que está a ser testado e, por outro lado, determina os resultados experimentais a considerar como pertinentes ou não pertinentes. Acresce ainda que, na perspectiva de Popper, este processo de testagem das teorias parte sempre de problemas, teóricos ou práticos, e a tentativa de encontrar a sua solução envolve ela própria um processo de conjecturas e de refutações: tecem-se conjecturas sobre a sua solução que depois são sujeitas a críticas com vista à sua refutação. É também de realçar a importância concedida por Popper à intuição, imaginação e criatividade, para além do raciocínio lógico, da observação e experimentação, na produção e análise crítica do conhecimento científico.

²⁵ . Popper (1982, p.264) refere-se ao conhecimento contextual ou "background knowledge" como sendo premissas que constituem o ponto de partida do debate crítico ou resolução de um problema e que temporariamente, por motivos práticos, se consideram como não-problemáticas.

²⁶ . Popper (1974, p.90) utiliza a definição de teoria empírica para explicitar o sentido que atribui ao conceito de falsificador potencial. Assim, considera que uma teoria empírica ou falsificável é aquela que permite deduzir enunciados básicos empíricos e que é capaz de «sem ambiguidades dividir a classe de todos os possíveis enunciados básicos nas seguintes duas sub-classes não vazias: primeiro, a classe de todos os enunciados básicos com os quais é incompatível (ou que rejeita ou que proíbe): a essa classe chamamos classe de *falseadores potenciais* da teoria; segundo, a classe dos enunciados básicos que ela não contradiz (ou que ela "permite"). Na mesma obra, p.45, define enunciado básico ou proposição básica como sendo um enunciado que pode actuar como premissa numa falsificação empírica, ou seja, o enunciado de um facto singular.

2 - Perspectiva de Kuhn

Para Kuhn, pelo contrário, estes tipos de testes que Popper preconiza são raros, só ocorrendo em períodos de "ciência extraordinária". Só nestes períodos, como refere Stengers é que «o valor do paradigma é realmente confrontado com a prova dos factos» (Stengers, 1979, p.112). Deste modo, os problemas já não são estudados enquanto "puzzles" ou enigmas mas, ainda de acordo com Stengers, para provar o valor das soluções propostas por um paradigma e refutar o paradigma rival. Neste sentido, as experiências têm por objectivo «demonstrar o poder e a fecundidade dum paradigma e apanhar em falso o adversário» (Stengers, 1979, p.112).

Se a experimentação desempenha nestes períodos de investigação extraordinária, sobretudo, uma função de prova da superioridade de um paradigma em relação a outro, e é, portanto, considerada como um meio de refutação das teorias paradigmáticas, permanece a questão de qual o seu papel e estatuto na actividade científica normal.

A investigação científica, dita normal, dirige-se essencialmente, na perspectiva de Kuhn, para a articulação dos fenómenos e teorias que o paradigma vigente já forneceu. Como vimos anteriormente, um paradigma funciona como uma grelha de selecção dos fenómenos da natureza e dos problemas a estudar eficazmente e define as regras do jogo da investigação. Neste contexto, a testagem científica visa «ajustar a teoria-paradigma, para resolver algumas das suas ambiguidades residuais e permitir a solução de problemas -"enigmas"- sobre os quais já tinha chamado a atenção» (Kuhn, 1983, p.50).

Os problemas que são trabalhados no âmbito da ciência normal podem ser classificados, de acordo com Kuhn (1983), em problemas de cariz experimental e problemas de cariz teórico. Dentro dos problemas experimentais que visam o estabelecimento de factos, Kuhn distingue três tipos. Há os problemas que se relacionam com o conhecimento mais aprofundado dos factos que o paradigma mostrou revelarem particularmente bem a natureza das coisas. Há, depois, os problemas associados à descoberta de novos domínios de aplicação da teoria-paradigma. Esta segunda categoria de trabalho experimental visa, na perspectiva de Kuhn, demonstrar a concordância da teoria-paradigma com os factos e, como tal, depende fortemente do paradigma, ou seja, a teoria-paradigma está fortemente impregnada, quer na formulação do problema, quer na concepção da aparelhagem susceptível de resolver o problema. Por último, Kuhn refere ainda os problemas que se prendem com «o ajustar da teoria-paradigma» (ibid., p.50). Esta terceira categoria de problemas é considerada por Kuhn como a mais importante, na medida em que esses problemas visam resolver ambiguidades residuais e problemas apenas aflorados pelo paradigma. Como exemplo Kuhn refere os que se prendem com a determinação de constantes físicas e o estabelecimento de leis quantitativas e, ainda, os que visam precisar e distinguir as diversas possibilidades de aplicação do paradigma a outros fenómenos próximos daqueles para que foi estabelecido.

De entre os problemas teóricos abordados na actividade científica normal, Kuhn distingue fundamentalmente dois tipos: os que se referem à predição teórica de factos susceptíveis de serem verificados experimentalmente, com vista à detecção de uma nova aplicação do paradigma ou ao aumentar da precisão de uma aplicação já feita, e aqueles que são suscitados pela necessidade de clarificação e precisão do paradigma.

Em suma, Kuhn distingue três classes de problemas na actividade científica normal, uns de cariz mais teórico e outros de cariz mais empírico: 1) problemas que visam a determinação de factos significativos; 2) problemas relacionados com a concordância entre os factos e a teoria; 3) problemas relacionados com a elaboração e exploração da teoria.

Neste contexto, a experimentação desenvolvida num dado quadro paradigmático tem como função primordial a testagem das teorias com vista a aprofundar o conhecimento dos fenómenos, bem como ampliar o seu campo de aplicação e a sua precisão e não a sua refutação.

Se a experimentação e observação desempenham um papel importante, embora diferente, no âmbito da investigação normal e extraordinária, subsiste a questão de se saber qual o seu papel nos períodos de crise paradigmática, ou melhor, que papel desempenham no surgimento de anomalias no decurso da actividade normal. Não desempenharão neste caso, sobretudo, um papel de refutação das teorias vigentes?

De facto, a experimentação parece assumir um papel importante no surgimento de factos anómalos, que não se conformam à previsão teórica feita no quadro de um dado paradigma. É neste sentido que se expressa Stengers (1979) quando afirma que pelo facto da investigação normal procurar incessantemente alargar a aplicação dos seus métodos a domínios em que a semelhança paradigmática se torna cada vez mais ténue e pelo facto das técnicas também se refinarem, surgem consequentemente discordâncias entre a previsão teórica e o resultado da experimentação. A acumulação destes factos anómalos e de interpretações mais ou menos contraditórias do paradigma podem conduzir ao surgimento de crises e levar ao questionamento das teorias paradigmáticas ou, como refere Stengers (1979), estes factos anómalos «aparecem como uma rebelião da natureza contra o quadro paradigmático» (p.114). Neste contexto, parece poder dizer-se que no âmbito da investigação normal, a experimentação pode constituir um meio que contribui para a refutação do paradigma vigente, embora não seja esta a sua função fundamental como atrás se referiu.

Em síntese, podemos dizer que a actividade científica como processo indutivo, linear, que caminha invariavelmente dos factos para as teorias - o designado "método científico", é fortemente posto em causa pelos epistemólogos contemporâneos.

Apesar das divergências manifestas entre os vários epistemólogos, é possível identificar uma ideia-base que todos partilham: o condicionalismo das observações por

teorias prévias e, portanto, a inadequabilidade da concepção empirico-indutivista da ciência e da natureza da actividade científica.

Contudo, para além destes aspectos consensuais, é possível constatar, no campo da epistemologia contemporânea, diferentes concepções da actividade científica, que nos parecem advir da forma como cada epistemólogo concebe a interacção entre a teoria, a observação e experimentação no processo de construção do conhecimento científico.

Também a experimentação é encarada de diferentes modos conforme a perspectiva epistemológica que adoptamos é empirista-indutivista ou racionalista e, aqui, com vários cambiantes.

Como exemplo, destacaram-se as posições de Popper e de Kuhn. Pode dizer-se que ambos os epistemólogos reconhecem à observação e experimentação um papel fundamental na testagem das teorias científicas.

No entanto, enquanto Popper reconhece a experimentação como um processo privilegiado de refutação de teorias falsas e de conjecturas sobre a solução de problemas teóricos ou práticos, aspecto considerado essencial na produção e progresso do conhecimento científico, Kuhn, pelo contrário, critica a Popper o ter reportado a sua teoria do conhecimento a períodos extremamente raros na História da Ciência, os que designa por períodos de "ciência extraordinária".

Kuhn defende, assim, que a testagem científica que é normalmente praticada não visa a refutação de teorias, mas um conhecimento mais aprofundado dos fenómenos e teorias no quadro de um dado paradigma, procurando-se aumentar a correspondência entre teorias diversas e o seu campo de aplicação. No âmbito da investigação extraordinária, a experimentação é vista como um meio de refutação e de prova de superioridade de um paradigma em relação a outro. Também nos períodos de surgimento de crises paradigmáticas parece plausível considerar que a experimentação constitui um meio de detecção de anomalias no âmbito do quadro paradigmático e, como tal, desempenha um papel de testagem das teorias científicas, podendo contribuir para a sua infirmação.

CONCLUSÃO

Na análise feita nos dois capítulos anteriores evidenciou-se uma tensão filosófica profunda entre as epistemologias empiristas-indutivistas e a epistemologia contemporânea sobre alguns conceitos essenciais relativos à natureza da ciência como: a questão da natureza dos objectos científicos, a relação sujeito-objecto, a relação teoria-factos no processo de produção e desenvolvimento do conhecimento científico, o valor epistemológico da experimentação e observação nesse processo, e, ainda, outras questões relacionadas como o problema da objectividade /subjectividade e da verdade e certeza em ciência.

A ideia de uma ciência definida em termos da observação empírica e experimentação, indução de leis gerais, predição e controle tecnológico, características que advêm da utilização de um método único e específico da ciência -o método científico- veiculada pelas epistemologias empiristas indutivistas é, como vimos, fortemente contestada nos seus fundamentos lógicos e epistemológicos pela epistemologia contemporânea.

A epistemologia contemporânea, onde as perspectivas de Popper e Kuhn assumem um papel de relevo, inspirada na própria história da evolução da ciência, evidencia as dificuldades levantadas e as incorrecções inerentes a esta concepção de ciência assente na observação e experiência consideradas como fonte de dados seguros, a partir dos quais é possível estabelecer, com toda a segurança e objectividade e por um processo de inferência, as teorias científicas.

A ruptura epistemológica com as teorias tradicionais protagonizada pelo pensamento epistemológico contemporâneo traduz-se no desenvolvimento de uma teoria do conhecimento, na qual este deixa de ser o reflexo de uma realidade ontologicamente "objectiva", para passar a constituir apenas um modo de ordenar e organizar o mundo formado pela nossa experiência. Com efeito, presume-se que a capacidade experiencial ou operativa do sujeito é condicionada por certas imagens prévias -representações - por seu turno determinadas pelos contextos externos.

Entre ambos os campos pode antever-se uma relação de causalidade, através da qual o conhecimento é concebido como um produto, não de uma correspondência objectiva com a realidade, mas da interacção entre a experiência e os constrangimentos que condicionam o modo como manipulamos o material usado na construção da própria experiência (Glaserfeld, 1981).

A aceitação deste cenário como enquadramento geral do problema do conhecimento pressupõe que o conhecimento não se reduz à "acção" do objecto, em que se admite que os objectos são pré-constituídos, a observação é neutra e o conhecimento corresponde a uma cópia da realidade, nem à "acção" do sujeito estritamente individual. Processa-se e desenvolve-se pela interacção entre o sujeito e o objecto, onde se entrelaçam uma dimensão pessoal, uma dimensão social e uma dimensão empírica.

Neste sentido, à dialéctica sujeito-objecto pode-se fazer corresponder a dialéctica teoria-experiência, em que, por um lado, se pode considerar o facto experimental como um "facto de cultura", assim envolvido por uma perspectiva teórica, fruto da memória racional do sujeito e, por outro, a teoria, enquanto quadro interpretativo do sujeito, está sujeita a um exame experimental permanente (Morin, 1982).

Deste modo, olhar a ciência como um campo de saber que envolve ideias, conceitos e teorias usadas para interpretar o mundo, e não como uma descrição fidedigna de factos abstraídos desse mundo, equivale a desmitificar a ideia de uma ciência neutra e objectiva que traduz verdades absolutas sobre a natureza e a realçar a natureza hipotética, conjectural e falível do conhecimento científico. A sua objectividade decorre, não da neutralidade conceptual do sujeito cognoscente, mas de uma negociação de sentido no seio da comunidade científica pela permuta e crítica racional de diferentes perspectivas.

Por outro lado, considerar a actividade científica como uma actividade humana de resolução de problemas, actividade que é simultaneamente individual e social, é reconhecer que a ciência não é uma actividade neutra que obedeça apenas à sua lógica interna, mas em que se realça a importância do contexto e do sujeito conhecedor, bem como dos seus projectos, no processo de conhecimento.

É também reconhecer a importância dos problemas no processo de construção e de progresso do conhecimento científico, onde confluem diversos factores para além da lógica e da experimentação/observação, como factores culturais como sejam os conceitos e ideias que cada um possui e as conjecturas que cada um faz e factores de índole social associados, nomeadamente, às interacções entre os elementos de uma dada comunidade científica.

A importância da compreensão destes aspectos relativos à natureza da ciência patenteia-se na relevância que tem vindo a ser atribuída à filosofia da ciência, (a par de outros contributos provenientes de outras áreas do conhecimento, como a psicologia da aprendizagem e a sociologia da ciência), como uma matriz de referência fundamental na perspectiva da educação em ciência, como sublinha Otero (1985), quer ao nível da concepção e desenho curricular, quer enquanto enquadramento global do processo de conhecimento e do processo de aprendizagem.

A sua pertinência é reforçada, por um lado, pelas perspectivas actuais sobre a educação em ciência em que se reconhece a importância desta reflectir uma imagem da ciência consentânea com o pensamento epistemológico contemporâneo e a relevância das actividades de natureza investigativa no processo de ensino e aprendizagem das ciências. Por outro lado, quando se constata que diversos investigadores e educadores reconhecem que "fazer ciência"²⁷ é uma dimensão fundamental da educação em ciência, ideia que é frequentemente associada à realização de trabalho experimental.

²⁷ . Ver, por exemplo, Kirschner (1992); Woolnough (1989); Hodson (1992b, 1993).

Conclusão

Na segunda parte deste trabalho analisar-se-á mais especificamente a problemática do trabalho experimental no âmbito da educação em ciência, procurando-se compreender as possíveis relações entre a epistemologia da ciência e a educação em ciência, e, em particular, com o trabalho experimental.

Segunda parte

O Trabalho Experimental na Educação em Ciência

SEGUNDA PARTE - O TRABALHO EXPERIMENTAL NA EDUCAÇÃO EM CIÊNCIA

INTRODUÇÃO

O questionamento dos programas de educação em ciência data, pelo menos, do início do século dezanove, como refere Jenk'ins (1989) numa resenha história que faz sobre a sua evolução desde essa época. Associado a este questionamento estão não só os objectivos, mas também as dimensões da educação em ciência a privilegiar em função desses objectivos.

A partir de meados da década de setenta esta polémica toma um novo fôlego, propondo-se uma reformulação dos currícula no sentido de uma transferência de modelos centrados no ensino factual, para modelos de aprendizagem que conduzam quer à transformação conceptual, quer à emergência de uma cultura científica. Embora não haja um consenso sobre o que se entende por cultura científica, como se evidencia nos debates recentemente realizados sobre esta problemática²⁸, pode dizer-se que há um acordo generalizado sobre a importância da educação da ciência na formação de cidadãos esclarecidos, críticos e intervenientes na sociedade tecnológica dos dias de hoje.

Com efeito, na sociedade actual reconhece-se que a escola tem de se reajustar para responder a novos desafios, formando cidadãos preparados para se situarem constantemente em acto de reconstrução crítica do seu próprio conhecimento e aptos a enfrentar solidariamente os problemas que, de forma difusa, envolvem o nosso quotidiano (Barata e Ambrósio, 1988). É também neste sentido que se expressa Mariano Gago quando afirma que «sem cultura científica mínima são escassas as oportunidades de cidadania autêntica, de construir ou participar nas escolhas da sociedade - seja nos modos de vida, de trabalho ou de educação (...)» (Gago, 1990, p.10). Nesse sentido, são patentes exigências acrescidas quanto à educação em geral e à educação científica, em particular, com reflexos na hierarquia tradicional dos objectivos por ela prosseguidos,

²⁸ . Por exemplo nos debates realizados recentemente em Lisboa: uma Conferência sobre «O futuro da Cultura Científica» integrada na Semana Europeia da Cultura Científica que decorreu em Novembro de 1994 e uma Conferência Internacional sobre «Science in School and The Future of Scientific Culture in Europe» realizada em Dezembro de 1994 evidenciou-se não existir um conceito de cultura científica, mas várias concepções que apresentam como traço comum o reconhecimento da importância da população em geral possuir um quadro científico do mundo.

em que o saber-conteúdo não tem a primazia, mas surge associado com outros saberes, tanto ou mais importantes que aquele, como o saber-fazer, o saber-ser e o saber situar-se.

O objectivo primeiro da educação científica é, nas palavras de Mariano Gago, o de «...promover uma compreensão básica das ciências, dos seus métodos e resultados, dos seus problemas e da sua história» que se traduza no desenvolvimento de «...capacidades de educação permanente e de compreensão básica do enquadramento e funcionamento das actividades científicas, assim como das notícias da ciência ou das perspectivas por ela abertas» (Gago,1990, p.106).

Para além destas finalidades, há outras que merecem destaque no quadro da educação em ciência como: 1) o estimular de um espírito não dogmático, que desenvolva a honestidade, a tolerância e a disposição para o exercício responsável da cidadania, em particular no que se refere à tomada de decisões; 2) o estimular e manter o interesse pela aprendizagem dos processos científicos e o desenvolvimento da necessidade de compreender as causas e as consequências dos acontecimentos na interface entre a ciência, a sociedade e a tecnologia; 3) o motivar para a aplicação dos princípios e do saber-fazer científicos em situações do mundo real; 4) o desenvolvimento de capacidades de processamento e reconstrução crítica da informação.

A renovação metodológica aqui implícita traduz-se no privilegiar de abordagens de natureza investigativa, nomeadamente metodologias de inquérito e de resolução de problemas, como vectores fundamentais no processo de aprendizagem e de desenvolvimento dos alunos.

Nesse sentido o trabalho experimental, considerado como uma actividade de resolução de problemas, tem vindo a ser considerado uma via metodológica facilitadora da aprendizagem das ciências e do desenvolvimento pessoal e social dos alunos, na medida em que propicia situações de actividade cooperativa que envolve a comunicação entre os alunos e a tomada de decisões, quer relativamente aos processos a adoptar para sua resolução, quer relativamente à análise e discussão crítica das soluções obtidas.

Todavia, a importância hoje concedida à resolução de problemas e às actividades de natureza investigativa em geral, como o trabalho experimental, não se justifica apenas por necessidades de formação colocadas pela sociedade, ou por exigências de índole pedagógica. A estas podem-se acrescentar outras de carácter mais epistemológico, que

decorrem da forma como se concebe a própria natureza da ciência e o seu processo de produção.

De facto, também a epistemologia contemporânea, por intermédio dos seus mais proeminentes pensadores como Popper (1982, 1991), Kuhn (1983) e Bachelard (1984, 1986), reconhece a importância da resolução de problemas quer como fonte quer como aplicação do conhecimento científico, reconhecendo-se também à experimentação um papel fundamental na resolução desses problemas.

Por outro lado, com a evolução da filosofia da ciência, de que se destacam as perspectivas racionalistas, é uma nova imagem de ciência que perpassa a educação: uma imagem que realça a importância da atitude científica, a importância da criação e da comunicação no processo científico; uma imagem que valoriza um "método" experimental que permita raciocinar sobre o possível e resolver um problema sem aplicar receitas (Giordan, 1978).

O reconhecimento da influência da filosofia da ciência no curriculum de ciência escolar não é novo, pois já Dewey²⁹, em 1916, defendia uma maior familiaridade dos jovens com o método científico. Foi, contudo, nos anos 60 e 70 que se adquiriu uma maior consciência da importância da filosofia da ciência no ensino da ciência escolar³⁰. Com efeito, a importância da filosofia da ciência no curriculum escolar das ciências evidencia-se num conjunto vasto de literatura, revistas e trabalhos de investigação sobre o papel da filosofia da ciência na educação em ciência, bem como nos debates e avaliações críticas que sobre esta têm ocorrido em diferentes épocas, e que hoje se mantêm.

Hoje, como antes, se questiona a eficácia da educação em ciência face às exigências que as sociedades na sua própria evolução colocam, centrando-se a sua crítica e avaliação nos princípios epistemológicos, bem como nos pressupostos psicológicos e pedagógicos que orientam os desenhos curriculares e que subjazem às concepções e práticas de ensino.

²⁹ Dewey (1916) cit.in Hodson (1986, p.215). Dewey, no seu livro "Democracy and Education" argumentava que a familiaridade com o método científico é mais importante que a aquisição do conhecimento científico, principalmente para aqueles alunos que não pretendem estudar ciência num nível avançado.

³⁰ São vários os autores que atribuem relevância à filosofia da ciência no ensino da ciência escolar. Dentre muitos, destacam-se os seguintes: Kuslan et Stone (1968); Tisher *et al.* (1972); Forge (1979);.... referidos por Hodson (1985, p.29).

Associados a estes questionamentos estão os debates sobre quais as dimensões da educação em ciência: deverão os currículos de ciência estar mais centrados nos conteúdos da ciência ou nos processos da ciência? Ou, deverá haver uma articulação e integração destas duas vertentes da ciência no desenho dos currículos? Que princípios e pressupostos epistemológicos, psicológicos e pedagógicos é que prevalecem em cada uma destas perspectivas sobre a educação em ciência? Outra vertente problemática relacionada com esta tem a ver com os modelos de ensino e de aprendizagem que estão subjacentes à prevalência de cada uma daquelas dimensões da educação em ciência, nomeadamente sobre os paradigmas de aprendizagem que se privilegiam em cada uma delas. É sobre estas questões que iremos fazer uma breve reflexão no primeiro capítulo desta segunda parte, procurando ter em conta a evolução destas problemáticas ao longo dos tempos.

Por outro lado, dado que o trabalho experimental tem sido considerado desde sempre uma vertente fundamental no ensino das ciências experimentais, nomeadamente na Física e Química, ao questionar-se a eficácia da educação em ciência tem-se problematizado, de igual modo, o trabalho experimental que é desenvolvido nas aulas de ciência. Também aqui a eficácia do trabalho experimental tem sido questionada ao longo dos tempos com base na análise e avaliação dos pressupostos psico-pedagógicos, mas, sobretudo, em relação aos princípios epistemológicos subjacentes às suas concepções e práticas. Outra vertente de debate no que concerne ao trabalho experimental tem a ver com o papel e estatuto do trabalho experimental na educação em ciência, questões sobre as quais ainda hoje não existe um consenso entre investigadores e entre professores.

É sobre estes aspectos que iremos fazer uma reflexão num segundo capítulo, procurando perspectivar historicamente a utilização do trabalho experimental. Procurar-se-á, ainda, analisar criticamente as concepções correntes de trabalho experimental, nomeadamente numa perspectiva epistemológica para, a partir daí, se tentar proceder a uma (re)conceptualização do trabalho experimental fundamentada em princípios epistemológicos veiculados pela filosofia contemporânea da ciência. Por fim dar-se-á conta das reflexões que têm sido feitas sobre os valores educativos do trabalho experimental no âmbito da educação em ciência.

CAPÍTULO 1 - NATUREZA DA EDUCAÇÃO EM CIÊNCIA

A educação em ciência tem, tradicionalmente, sido dominada pela transmissão de um corpo de conhecimentos como principal modo de ensino.

Como consequências desta situação é comum referir-se não só o afastamento dos alunos das opções em ciência, como também o seu desinteresse e desmotivação pela aprendizagem das ciências (Linder, 1992).

A preocupação com esta falta de interesse e as dificuldades sobejamente detectadas na aprendizagem das ciências desencadearam, nos últimos anos, toda uma linha de investigação nesta área e suscitaram um amplo debate sobre a natureza da educação em ciência e sobre a própria ciência (normalmente designado por debate processos-conteúdos (Wellington, 1989, Millar, 1989, Swatton, 1990)) que conduziu a um movimento de renovação curricular com vista a centrar a educação em ciência nos processos da ciência, em oposição a um currículo centrado nos conteúdos. De acordo com Wellington (1989), numerosos argumentos foram desenvolvidos em conferências, encontros e publicações a favor de um curriculum centrado nos processos -"process-led curriculum".

Este movimento de renovação curricular corporizou-se no desenvolvimento de vários projectos curriculares de educação em ciência, no âmbito da Física, Química, Biologia entre outras disciplinas científicas, como os projectos Nuffield que tiveram uma larga implementação nos anos 60 e 70, nomeadamente, nos países anglo-saxónicos.

Contudo, apesar desta diversidade de argumentação posta na sobrevalorização desta dimensão da educação em ciência, várias questões têm sido levantadas relativamente aos pressupostos epistemológicos, psicológicos e pedagógicos sobre os quais se fundamentam. Este debate sobre as dimensões da educação em ciência ainda hoje permanece, como se evidencia nos artigos que se debruçam sobre esta problemática em revistas da área da educação em ciência.

Nas próximas secções procederemos a uma análise mais cuidada deste debate sobre as dimensões da educação em ciência.

1 - Abordagem tradicional da educação em ciência: uma abordagem centrada nos conteúdos.

Numa abordagem tradicional³¹, o ensino das ciências coloca a ênfase na instrução formal de um corpo de conhecimentos bem definido, suportada por uma lógica de "transmissão cultural" (Pope e Gilbert, 1983).

Esta lógica de transmissão cultural constituiu, de acordo com Jenkins (1989), uma das razões para a implementação de um ensino alargado das ciências a nível das escolas públicas do ensino secundário em Inglaterra, em princípios do século vinte. Argumentava-se que o ensino das ciências proporcionava «uma perspectiva intelectual, um padrão ("standard") de verdade e um "gospel" de luz» (Gregory, 1916), realçando-se a nobreza dos objectivos científicos e os aspectos espirituais do trabalho científico³².

Ontem, como hoje, um ensino das ciências centrado nos conteúdos parece justificar-se pelas virtudes que se reconhecem aos produtos da ciência: os conhecimentos científicos são considerados como produtos acabados, certos, infalíveis e, como tal, são inquestionáveis, não-problemáticos e não-negociáveis (Hodson e Reid, 1988b).

Esta perspectiva de transmissão cultural configura um ensino verbalista baseado quase exclusivamente na exposição oral dos conteúdos científicos pelo professor. Portanto, trata-se de um ensino baseado apenas na estrutura dos conteúdos científicos³³, que pressupõe que uma organização bem elaborada em termos de relações formais entre conceitos científicos possibilitará aos alunos desenvolver esta estrutura conceptual.

O seu principal objectivo parece ser a transmissão de "parcelas de verdade", como acentua Marília Thomaz (1987) referindo-se às práticas que, na maioria dos casos, ainda se praticam nas aulas de Física nas nossas escolas. Com efeito, embora não abundem

³¹ . A expressão "abordagem tradicional" é uma expressão comum na literatura da área da educação em ciência, e, é aqui usada no sentido de que é uma abordagem que tem prevalecido na educação em ciência desde a introdução do estudo das ciências nos currículos escolares. No entanto, o termo "tradicional" pode assumir vários significados conforme se refere aos processos, aos conteúdos, ou, à origem dos métodos pedagógicos, como salienta Not (1988, p.23).

³² . Richard Gregory (1916) cit. in Jenkins (1989, p.34). De acordo com este autor Richard Gregory publicou em 1916 um livro intitulado *Discovery or the Spirit and Service of Science*, em que enaltecia os valores humanistas e espirituais associados ao ensino das ciências, que assumiu uma importância fundamental no desencadear de um movimento de renovação curricular centrado nos conteúdos da ciência.

³³ . Otero (1985, p.363), refere que a estrutura conceptual destes cursos de ciência, bem como dos manuais de apoio, surgem como uma "sinopse de resultados", em que os conceitos são apresentados como respostas: respostas a problemas que não são analisados.

estudos sobre o ensino das ciências em Portugal, tudo parece indicar que, pelo menos, até ao momento do início de implementação da reforma curricular ainda em regime de experimentação nalguns níveis de ensino, esta perspectiva não é restrita às aulas de Física, mas extensível às aulas de outras ciências, como a Química, e, ainda, aos próprios currícula em geral, na área das ciências. É neste sentido que apontam as referências contidas nas propostas dos novos programas, a nível da Física e da Química no Ensino Básico e Secundário, em relação aos anteriores programas e práticas de ensino usuais, nomeadamente quando se recomenda que «se ultrapasse a pura descrição científica mesmo que correcta e ordenada. É importante que se rejeite o ensino verbalista, centrado na pessoa do professor ou na pura informação livresca» (DGEBS, 1992, p.16). Pode-se dizer que há um reconhecimento, a nível institucional, da prevalência desta perspectiva de transmissão cultural nas aulas de Física e Química.

Também Stengers (1991), referindo-se ao ensino actual das ciências, afirma que «ainda hoje, quando se trata de iniciar um aluno na Física ou de vulgarizar uma teoria junto do público, uma estratégia é de rigor: expor os "factos" (observações, resultados experimentais) que legitimam esta teoria, e apresentá-la como uma dedução autorizada por estes factos. A ideia implícita, tanto no ensino como na vulgarização, é que, para que tenha sentido, a teoria apresentada deve-se impor como a única resposta possível aos factos em questão»³⁴. Esta apreciação das aulas de ciências, feita por Isabelle Stengers, evidencia que esta ênfase nos conteúdos como uma dimensão privilegiada na educação em ciência não é exclusiva dos currícula e práticas de ensino em Portugal, mas é extensiva a outros países, como por exemplo a França (Robardet e Guillaud, 1994).

Esta abordagem tradicional da educação em ciência desenvolve-se na base de determinados pressupostos psico-pedagógicos e epistemológicos.

Em termos psico-pedagógicos radica no pressuposto de que a aprendizagem é um processo que decorre da simples aquisição de conteúdos científicos. Presume-se que através de um processo de acumulação de informações -"parcelas de verdade"- que o aluno armazena sequencialmente no seu cérebro ("receptáculo vazio"), as suas mentes «irão ficar cheias com verdadeiro conhecimento» (Thomaz, 1987, p.123). Nesta perspectiva, ainda de acordo com Thomaz (1987), o professor tem como tarefa principal a transmissão de informação, bem como regras e valores coleccionados. Face a esta preponderância do papel cometido ao professor, aos alunos cabe, sobretudo, o papel

³⁴ . Stengers (1990, p.133) cit. in Robardet e Guillaud (1994, p.7).

passivo³⁵ de aceitar os factos fornecidos pelo professor, cuja compreensão é normalmente avaliada em termos da sua capacidade de memorização, ou seja, de reprodução das informações e aplicação das regras definidas.

Em termos epistemológicos, esta perspectiva radica na ideia de que os conhecimentos são exteriores a nós e de que para os aprender é suficiente utilizar os órgãos dos sentidos, nomeadamente ouvir e ver com atenção. Esses conhecimentos baseados em "factos objectivos" deixam entender que eles traduzem a realidade tal como ela é. Instruir-se é, portanto, acumular dados sobre a realidade. Neste contexto não se reconhece ao aluno um papel constitutivo na aquisição de conhecimentos mas, sobretudo, um depositário de conhecimentos. De acordo com Larochelle e Désautels (1992), subjacente a este cenário está uma epistemologia realista que se articula à volta, por um lado, dos conceitos de verdade, de objectividade e de evidência, como atributos do conhecimento e, por outro lado, da passividade cognitiva do sujeito face a esses conhecimentos. Estas mesmas ideias sobre a natureza do conhecimento e o processo de conhecimento são também partilhadas pelas epistemologias empiristas-indutivistas, de que fizemos uma reflexão, em relação a estes aspectos, na primeira parte do presente trabalho.

Esta abordagem da educação em ciência centrada nos conteúdos, e em que prevalece um modelo de aprendizagem por transmissão³⁶, tem vindo a ser posta em causa quer por razões de ordem interna, quer de ordem externa.

Referem-se como razões internas as que decorrem da contestação dos seus pressupostos teóricos, com a introdução de outros quadros interpretativos provenientes de diferentes disciplinas como a epistemologia, a sociologia e a psicologia e de resultados de investigações empíricas que evidenciam a sua ineficácia em termos de aprendizagem das ciências e de formação dos jovens. Como referem Santos e Praia, de um modo geral «a pedagogia transmissiva é acusada de ser uma pedagogia repetitiva, de base memorística, de ritmo uniforme, de motivação extrínseca, onde o papel do erro é entendido como negativo e que centra a avaliação (normativa) na medição de

³⁵ Segundo Thomaz (1987, p.124), esta perspectiva de transmissão cultural sobre o processo de ensino-aprendizagem tem sido suportada por teorias de psicologia do desenvolvimento que colocam a ênfase na passividade da mente humana, como é o caso das psicologias associacionistas, behavioristas, estímulo-resposta, etc.

³⁶ Santos e Praia (1992, p.11), consideram este modelo de aprendizagem por transmissão como um modelo paradigmático da Didáctica das Ciências.

conhecimentos arquivados na memória, à medida que vão sendo reproduzidos» (Santos e Praia, 1992, p.14).

Esta avaliação interna é reforçada por uma avaliação proveniente do exterior da instituição escolar, decorrente de determinadas exigências de formação que o mercado de trabalho ou a sociedade em geral colocam ao longo dos tempos. Santos e Praia (1992) referem a este propósito, e como exemplo, a responsabilidade que no pós-guerra é atribuída à Escola, pela formação de jovens acríticos que aceitam passivamente as ideias que lhes são impostas.

Esta contestação dos pressupostos e dos resultados de uma abordagem do ensino das ciências centrada nos conteúdos conduziu, em meados do século vinte, à geração de um movimento de renovação curricular que assumiu o seu expoente máximo em Inglaterra e nos EUA. Este movimento, constituído em oposição a uma abordagem centrada nos conteúdos da ciência, coloca a ênfase na aprendizagem dos processos da ciência.

2 - Uma abordagem centrada nos processos

Dentre a diversidade de argumentação desenvolvida em prol da renovação curricular com enfoque nos processos, Wellington (1989) sintetiza-os em cinco principais argumentos³⁷: 1) a abordagem da educação centrada nos conteúdos falhou em termos da aprendizagem dos conteúdos científicos, bem como na sua utilização em contextos familiares e em situações de resolução de problemas (Simpson, 1987); 2) a ciência escolar centrada nos processos torna-se acessível para um maior número de alunos, na medida em que se torna menos abstracta (Shayer, 1986); 3) a "explosão de informação" que actualmente se verifica torna questionável um ensino centrado em factos, na medida em que estes podem ser disponibilizados pelas bases de dados das novas tecnologias de informação (Screen, 1986); 4) uma vez que os factos científicos mudam tão rapidamente, estes não devem constituir a base da educação em ciência, enquanto que os processos aprendidos pelos alunos permanecem depois dos factos já terem sido ultrapassados ou esquecidos (Screen, 1986); 5) as capacidades ("skills") e, especialmente, as capacidades genéricas e transferíveis, são mais relevantes para os alunos que o conhecimento (Screen, 1986, entre outros)

³⁷ . Os autores destes argumentos a favor de um curriculum centrado nos processos, são alguns dos autores referidos por Wellington (1989, pp.8-15).

Deste conjunto de argumentos é possível identificar essencialmente duas ordens de razões que fundamentam a necessidade de mudança de enfoque, na educação em ciência, dos conteúdos para os processos da ciência.

Em primeiro lugar, ressalta a ideia de que existe um amplo reconhecimento das limitações de uma educação em ciência perspectivada como transmissão cultural dos conteúdos da ciência, quer em termos da aprendizagem desses conteúdos, quer em termos da formação dos jovens, no sentido de utilização dos seus conhecimentos sobre esses conteúdos para a compreensão e resolução de problemas em contextos não escolares, nomeadamente do seu dia-a-dia. Deste modo considera-se pouco importante centrar a aprendizagem na aquisição de informação que está em constante mudança e à qual se pode aceder por outros meios como as novas tecnologias de informação, pelo que se advoga que a ênfase da educação em ciência deve estar na aprendizagem dos processos.

Em segundo lugar, faz ressaltar a importância da aprendizagem dos processos da ciência acentuando, por um lado, que deste modo o ensino e aprendizagem das ciências se torna mais aliciante e acessível a um maior número de alunos, contribuindo para aumentar o interesse pelas ciências e o sucesso na sua aprendizagem, e, por outro lado, o facto de possibilitar o desenvolvimento de capacidades relevantes para a formação dos jovens, que são transferíveis para outros contextos.

Como salienta Jenkins (1989), em consequência deste acumular de críticas e de sugestões de mudança, aliado à necessidade imperiosa de formar cientistas qualificados suscitada por questões de desenvolvimento no período após a segunda guerra mundial, iniciou-se, em meados da década de 50, aquele que é considerado o mais importante movimento de renovação curricular, com a mudança de ênfase de um ensino da ciência como um corpo de conhecimentos estabelecido para a vivência dos processos da ciência.

Com esta ênfase nos processos e atitudes científicas, suportada por referências explícitas à aprendizagem por "descoberta", desenvolveram-se e implementaram-se em várias partes do mundo, durante os anos 60 e 70, vários projectos curriculares para o ensino das várias ciências (Física, Química, Biologia, Geologia, ...), como os projectos "Nuffield" em Inglaterra e os projectos Chem.Study e PSSC nos EUA, entre outros. Em Portugal, não houve a adopção explícita de nenhum destes projectos, mas a partir da década de 70 a influência de alguns deles ocorreu ao nível dos currículos, dos manuais, da formação de professores e, de algum modo, nas práticas.

Neste movimento assumem-se como pressupostos fundamentais, como referencia Jenkins (1989), «a pureza e a natureza auto-justificativa do trabalho científico, a "objectividade" do conhecimento científico, o valor da educação científica no exercício da cidadania numa democracia industrializada e o isolamento da ciência do seu contexto social» (p.39). Reafirma-se, assim, a prevalência da aprendizagem dos processos sobre os conteúdos, ou, como afirma Wheeler (1967)³⁸, os alunos só compreendem a natureza da ciência se eles próprios se envolverem nos passos do inquérito científico e não através da aprendizagem de factos (os conhecimentos) sobre a natureza.

Neste cenário os objectos de estudo já não são os conhecimentos estabelecidos, pré-fabricados, mas os "factos" da vida real radicados na observação da natureza. O fulcro do ensino das ciências deixou de ser o professor enquanto meio de transmissão de conhecimentos factuais sobre a natureza, mas a própria natureza. As situações de ensino e de aprendizagem envolvem agora, não a transmissão e absorção de informação, mas a disponibilização de factos, cuja observação sistemática possibilitará a inferência de ideias, dos conteúdos científicos. Pretende-se deste modo facilitar a "descoberta" dos conteúdos científicos, conceitos e leis, pelos alunos, a partir de "dados" obtidos através da observação e experimentação.

O ensino das ciências, configurado deste modo, consistiria fundamentalmente na organização de actividades centradas sobre a descoberta de conceitos e leis a partir da utilização generalizada do "método científico", também designado por "método experimental", onde as etapas fundamentais são a observação e a experimentação enquanto fontes de dados, certos e objectivos. Com salientam Robardet e Guillaud (1994), neste contexto a experiência indutivista é "rei e senhor" no ensino das ciências. São pressupostos de carácter empirista-indutivista que estão aqui subjacentes.

Por outro lado, como acentuam Santos e Praia (1992) este movimento de renovação curricular configura uma mudança do paradigma da "aprendizagem por transmissão" para o paradigma da "aprendizagem por descoberta". Com efeito, este modelo de aprendizagem, embora radicado em pressupostos indutivistas e behavioristas (os seus correspondentes a nível psicológico) procurava também integrar visões progressivas da educação centrada nas crianças.

Dentre os trabalhos da área da psicologia utilizados para justificar e informar estas mudanças curriculares, Jenkins (1989) destaca: 1) na área do behaviorismo, os trabalhos

³⁸ Este autor é referido por Jenkins (1989, p.39).

de Bloom e de Gagné, que assumiram particular importância na ênfase que se passou a atribuir aos objectivos comportamentais na elaboração do próprio currículo e na avaliação; 2) os trabalhos de Piaget e Bruner, na área das pedagogias activas. Estas pedagogias activas advogam a acção do aluno, considerando-o o fulcro da aprendizagem. Por exemplo Bruner (1960) defende que um aluno que aprende Física é um "físico", argumentando «que é mais fácil para o aluno aprender Física comportando-se como um físico do que fazer outra coisa qualquer»³⁹. Além disso, para Bruner a ciência deve ser ensinada de modo a que reflecta e ilustre a estrutura conceptual e metodológica da própria ciência.

Deste modo, o modelo de aprendizagem por descoberta procura conciliar teses empiristas-indutivistas sobre a natureza da ciência e o seu processo de produção e teses behavioristas sobre a "engenharia" educativa com teses emergentes de outras correntes epistemológicas e psicológicas. Como salientam Santos e Praia, procede-se a «registos cumulativos, adaptando ao quadro conceptual de base conceitos como o de "actividade", retirados a um construtivismo emergente» (Santos e Praia, 1992, p.17).

Neste quadro, o modelo de aprendizagem por descoberta defende a actividade do sujeito, advogando «a acção, o fazer, a construção,..., contra o verbalismo e o dogmatismo» (Santos et Praia, 1992, p.17). Não deixa, no entanto, de dar ênfase à percepção em detrimento da reflexão, supondo que os alunos aprendem, descobrem por si sós qualquer conteúdo científico a partir da observação, o que está, aliás, consonante com o quadro conceptual de base de inspiração empirista-indutivista que atribui particular importância à observação e à indução no processo de conhecimento.

Acresce ainda que o sujeito (o aluno) é aqui considerado sobretudo como um processador de informação. Com efeito, para além da aprendizagem dos processos da ciência, preconiza-se como finalidade da educação em ciência, no que se refere à aprendizagem dos conteúdos científicos, o desenvolvimento «da habilidade em aceder, usar e, em última instância, armazenar ("add") informação quando for necessário» (Screen, 1986b)⁴⁰.

Isto corresponde, de acordo com Wellington (1989), à adopção como pressuposto fundamental que a aprendizagem se faz por compilação, recolha e tratamento de informação, o que, na sua perspectiva, constitui uma concepção errónea do que é a

³⁹ . Bruner (1960) cit. in Jenkins (1989, p.40).

⁴⁰ . Screen (1986) cit. in Wellington (1989, p.9).

aprendizagem. Neste sentido, argumenta que a aprendizagem e a educação não envolvem a manipulação e aquisição passiva de informação, pois que os seres humanos não são processadores de informação, como também não são absorvedores de informação. Pelo contrário, como salienta Wellington, o pensamento é um processo essencialmente pessoal, criativo e imaginativo, onde se misturam sentimentos, emoções e experiências anteriores, e, portanto, uma aprendizagem activa e significativa «envolve a selecção, interpretação e transformação da informação de acordo com as experiências anteriores do aprendiz, necessidades presentes, ideias pré-concebidas, conhecimento e hipóteses» (Wellington, 1989, p.10).

Para além desta crítica, outras surgiram de diversos quadrantes sobre esta proposta curricular de educação em ciência, quer a nível das ideias e concepções subjacentes, nomeadamente sobre o modelo de aprendizagem por descoberta e sobre os seus pressupostos epistemológicos, quer a nível da sua eficácia e pertinência em termos da formação dos jovens.

Em termos epistemológicos, a aceitação deste cenário como enquadramento geral da educação em ciência pressupõe, como já se referiu, uma concepção de ciência imbuída dos princípios e teses empiristas-indutivistas. O aluno, tal como o cientista, é aqui entendido como o observador por excelência que, ao trabalhar com toda a objectividade, desvenda pouco a pouco a realidade/natureza tal como ela é. Ele assume o papel dum explorador ou dum descobridor de terras desconhecidas: ele descobre as "leis da natureza". Para o fazer, deve utilizar um método científico que se inicia por uma observação sem preconceitos (objectiva) de factos reais (objectivos) e que atinge o seu apogeu numa demonstração que faz a prova científica das ideias avançadas. Os conhecimentos objectivos que daqui decorrem constituem asserções irrefutáveis sobre a natureza ou a realidade. O campo do saber vai-se ampliando progressivamente revelando cada vez mais a realidade.

Estas pretensões de descoberta conduziram na prática, de acordo com Santos e Praia (1992), «a uma deificação e pretensa utilização do "método científico", a aprender pouquíssimos conteúdos e a generalizar com base em experiências limitadas» (Santos e Praia, 1992, p.15).

A emergência de novos quadros interpretativos da história e da prática da ciência, corporizada na epistemologia contemporânea, de que demos conta na primeira parte deste trabalho, suscitou a refutação quer dos pressupostos, quer das finalidades atribuídas à educação em ciência.

Em relação aos pressupostos de cariz empirista-indutivista de que estão imbuidas estas propostas relativamente à abordagem curricular e metodológica da educação em ciência, as críticas recaem sobre todos eles. Destacam-se, por um lado, as que incidem sobre o primado que é atribuído à observação e indução no processo de conhecimento e, por outro lado, a premissa de que existe um único método científico, constituído por um conjunto de processos discretos, passível de ser ensinado e aprendido e cuja utilização permite aceder ao conhecimento da natureza.

Ora, as contribuições das actuais correntes epistemológicas refutam estas premissas, argumentando que: 1) as observações científicas, bem como todos os processos científicos não ocorrem num vazio conceptual; são condicionados e estão impregnados de teoria, desde a observação à elaboração de hipóteses e de conclusões até à selecção do equipamento e experimentação a realizar e, como tal, é o conhecimento conceptual que guia os processos científicos e não, simplesmente, o resultado da sua utilização; 2) o processo de conhecimento desenvolve-se a partir de problemas e da sua resolução e, não por processos de indução a partir de dados de observação e experimentação; 3) não existe tal método científico, único e universal, que permita aceder ao conhecimento do mundo, mas várias metodologias que variam de acordo com o objectivo a perseguir, o conteúdo a ensinar e o contexto de aprendizagem.

Em relação à sua pertinência e eficácia em termos de formação dos jovens, pode dizer-se que, globalmente, este paradigma da aprendizagem por descoberta resultou num fracasso, evidenciado por vários autores (Ausubel, 1968; Hodson, 1985, 1992a, 1992b, 1993; Millar, 1989; Driver, 1983; Brook, Driver e Johnston, 1989; entre outros).

Segundo eles, o indutivismo extremo em que o modelo incorria, a falta de atenção dada aos conteúdos, a insistência na pretensa actividade de descoberta dos alunos, traduziram-se em resultados negativos, quer no que se refere à aquisição de conhecimento, quer em relação à compreensão da natureza da ciência, quer ainda à aprendizagem dos próprios processos da ciência.

Das finalidades que se privilegiam nesta abordagem as críticas incidem, sobretudo, sobre a pretensão de ensinar os processos da ciência como entidades discretas, independentes do conteúdo. Com efeito, apesar das variações terminológicas que se constata nos diversos projectos curriculares ("processes", "skills" e "process-

skills")⁴¹, Millar (1989) salienta que todos partilham da ideia de que os processos são susceptíveis de serem ensinados e aprendidos como entidades discretas, para além de muitos dos processos indicados, como observar, classificar, inferir e hipotetizar, coincidirem nas várias listagens indicadas.

Millar (1989) critica especialmente esta pretensão, argumentando que muitos dos designados processos da ciência não são específicos da ciência, mas capacidades cognitivas globais que são usadas quer no pensamento sistemático de todas as disciplinas formais, bem como no raciocínio informal do senso-comum. Neste sentido, salienta que processos como os atrás referidos não têm de ser objecto de qualquer instrução formal, pelo que é problemático centrar a educação em ciência no ensino destes processos. Na sua perspectiva, não são os processos de observar e de hipotetizar, por exemplo, que devem ser ensinados, mas a observação científica e a formulação científica de hipóteses. Destaca, por um lado, que isto só pode ser feito se o seu ensino estiver inextricavelmente ligado a um conhecimento de base e a determinados propósitos e, por outro, que estas actividades não devem ser consideradas como fins em si próprios e, portanto, como objectivos de ensino, mas como meios que propiciem o envolvimento dos alunos numa abordagem activa da aprendizagem. Vários investigadores, educadores e psicólogos partilham desta mesma perspectiva como Hodson, (1993), Brook, Driver e Johnston, (1989), Woolnough, (1989), e Kirschner, (1992); entre outros.

Em síntese, pode dizer-se que são diversas as fragilidades desta abordagem da educação em ciência centrada nos processos e perspectivada no paradigma da aprendizagem por descoberta, embora se lhe reconheça um contributo importante e decisivo para a sua renovação curricular e metodológica. Como afirma Gago (1990), a elucidação das condições da educação científica, isto é, dos mecanismos e bloqueios à apropriação social dos conhecimentos, conduz à discussão da efectividade do actual

⁴¹ Wellington (1989, p.18), salienta a confusão generalizada que existe sobre a utilização indiferenciada dos termos "skill" e "process" e derivações destes como "process-skill". que se constata na diversidade de listagens apresentadas em publicações oficiais e projectos curriculares. Millar (1989, pp.47-48), refere-se a esta mesma questão, salientando, como exemplos da diversidade terminológica usada e de processos considerados, que: 1) o projecto curricular Warwick Process Science (Screen, 1986) se refere a "processes" como observar, inferir, classificar, prever, controlar variáveis e hipotetizar; 2) o projecto Science in Process (ILEA, 1987) se refere a "process-skills" como aplicar, interpretar, classificar, investigar, avaliar, observar, experimentar, prever, hipotetizar, etc; 3) o projecto Nuffield 11-13 (1986) distingue entre "processes" e "skills". referindo como "skills" a serem

ensino das ciências na alfabetização científica dos jovens. Neste sentido, a elucidação destas fragilidades potenciam e denunciam a necessidade da emergência de uma mudança inovadora na educação científica fundamentada em novos quadros de referência.

Com efeito, apesar da evidência do fracasso desta proposta na tentativa de aproximar a aprendizagem das ciências das características do trabalho científico, são diversos os autores que reafirmam a validade desta proposta e, sobretudo, a necessidade da educação em ciência propiciar uma compreensão mais adequada da natureza da ciência, bem como a de gerar atitudes positivas face à ciência e à sua aprendizagem. A formação científica não se pode limitar a uma transmissão do conhecimento sob a forma de discurso ou à sua inferência a partir de dados sensoriais; implica um esforço activo de construção do aluno a partir dos dados da experiência.

Neste contexto, as teses e princípios da epistemologia contemporânea e da psicologia cognitivista configuram um quadro de referência que tem vindo a ser considerado pertinente para uma reconceptualização da educação em ciência. Este quadro de referência pode-se identificar, de acordo com Perez (1992), com as propostas construtivistas pois, como refere, estas propostas têm mostrado uma grande capacidade integradora das teses de epistemólogos como Bachelard, Kuhn, Lakatos, Popper, às perspectivas construtivistas da aprendizagem propostas por Kelly, passando pelos trabalhos de Piaget e Vygotsky. Na reflexão que se segue, adoptando esta perspectiva, designaremos este quadro de referência por epistemologia construtivista.

3 - Perspectivas sobre a natureza dinâmica da educação em ciência.

Situando-nos numa perspectiva construtivista do processo de construção do conhecimento isso corresponde, de acordo com Larochelle e Désautels (1992), a romper radicalmente com uma visão tradicional, semeando a dúvida sobre os próprios fundamentos das relações que estabelecemos com o saber, bem como sobre a sua natureza.

Segundo estes autores, em termos do ensino, isso significa que ao redefinirem-se as relações do sujeito com o saber, se transforma a concepção de "conhecer" e, deste modo, o próprio processo de aprendizagem. O construtivismo recusa isolar o sujeito das

desenvolvidas, entre outras, a manipulação de equipamento, a observação, a comunicação, a classificação e predição.

coisas a conhecer e de considerá-las com entidades independentes. O saber não pode resultar senão da nossa própria experiência da realidade e da nossa própria construção.

Nesta mesma linha de pensamento, Meirieu (1990) salienta que não se pode ensinar senão apoiando-se sobre o sujeito, as suas experiências -"acquis"- anteriores e as estratégias que lhes são familiares. Por outro lado, este autor faz notar que o ensino é estéril se não se propiciarem situações de aprendizagem que possibilitem a integração de novos dados na estrutura cognitiva, pelo que os alunos devem ser colocados em actividade de elaboração. A aprendizagem pressupõe, deste modo, uma articulação feita pelo aluno entre o novo e o que já sabe e, nesta perspectiva, a aprendizagem radica na utilização pelos alunos das suas próprias estratégias de aprendizagem

As teorias construtivistas permitem-nos, ainda, compreender o problema de como se configura o conhecimento na relação sujeito-objecto, quando se admite que a fonte de conhecimento não está no objecto (como defendem as epistemologias empiristas) nem no sujeito, mas na sua relação interactiva.

Em traços gerais, as teorias construtivistas, sem se entrar nas especificidades dos vários modelos que se enquadram nestas teorias, afirmam que o progresso do conhecimento dos indivíduos, bem como do conhecimento científico se faz por processos de transformação e reconstrução dos dados em função dos seus próprios sistemas cognitivos, dotados de uma lógica e coerência interna específicas e regidos por condições motivacionais, atitudinais e compreensivas diferentes (Ruiz, 1991). Deste modo, o significado que atribuímos às coisas procede da sua integração num sistema teórico com uma determinada estruturação cognitiva, podendo, por isso, atribuir-se diferentes significados a uma mesma realidade perceptiva em função de diferentes sistemas teóricos. Esta interacção do sujeito com o mundo envolvente é mediada, segundo Ruiz, por "filtros semânticos", em função dos quais o sujeito selecciona, interpreta, comunica e constrói planos de intervenção.

Este processo de construção pessoal da realidade implica, ainda segundo esta autora, o sujeito na sua totalidade: envolve não só elementos cognitivos, mas outros de cariz afectivo (como interesses, emoções, auto-conceito, ansiedade) e de cariz moral (valores), que podem funcionar como activadores ou inibidores do desenvolvimento prático de planos de acção. É o complexo motivacional que activa e orienta selectivamente os processos cognitivos do sujeito.

Por outro lado, como salienta Ruiz, a razão humana, sobretudo sendo construtiva, desenvolve-se através de uma acção interactiva reflexiva, e, portanto, "guiada teoricamente" pela actividade psíquica. O sujeito, enquanto «organismo intencional e auto-regulador (e não como organismo determinado, produto de estimulações exteriores -perspectivas behavioristas), é capaz de produzir processos organizativos de informação, tanto exterior como interior, para integrá-la e modificar a organização anterior num sentido criativo de organização de significados próprios» (Ruiz, 1991, p.310).

Por último, a razão humana configura um modelo sociocognitivo que integra a trilogia sujeito-objecto-sujeito (e não apenas o binómio sujeito-objecto) na construção do conhecimento (Ruiz 1991). Esta dimensão intersubjectiva da razão construtiva faz ressaltar a importância dos outros no processo de desenvolvimento e construção do conhecimento. No reconhecimento da importância da dimensão social na construção do conhecimento, na área da psicologia, atribui-se um papel influente aos trabalhos de Vygotsky. Como refere Ruiz (1991), de acordo com a teoria vygotskiana todos os processos psicológicos superiores têm uma ordem social, uma vez que traduzem a experiência sócio-cultural e se adquirem na interacção social. O sujeito, enquanto ser social, constrói o seu próprio saber em interacção com o meio que o rodeia, em interacção com os outros. Neste processo, a actividade comunicativa e os aspectos sócio-culturais destacam-se como conformadores da natureza do sujeito, dos objectos, dos significados e do próprio processo de construção do conhecimento.

Um outro contributo importante da área da psicologia para a compreensão da dinâmica de construção do conhecimento e do sujeito, ou seja, do processo pelo qual cada sujeito interage com a realidade envolvente (re)construindo-a ao mesmo tempo que se (re)constrói, é dado por Lerbet (1981) através do conceito do Sistema-Pessoa.

Para Lerbet, o processo pelo qual cada pessoa se apropria da realidade e simultaneamente modifica essa realidade é um processo complexo que reflecte a complexidade da própria pessoa.

Com efeito, dizer que uma pessoa é um ser social não significa, na sua perspectiva, que a pessoa seja um "indivíduo", um átomo de entre muitos que compõem a molécula social. Pelo contrário, para Lerbet, a pessoa é um ser social com uma originalidade própria, com um espaço-tempo próprio. A pessoa é um sistema aberto e hipercomplexo, que efectua trocas energéticas (informação) com o seu ambiente, com o seu

"environnement". Compreende um "Ego" e um "milieu personnel" que corresponde à apropriação que cada um faz do seu "environnement".

O "milieu personnel", o mundo próprio da pessoa, faz parte quer da pessoa quer do "environnement"; é a zona de interface entre o sistema e o "environnement".

É através desta zona de interface que a pessoa, sistema aberto sob tensão, efectua trocas de informação com o "environnement", que se enriquece e se complexifica⁴² por processos integrativos de interiorização e de descentração -por complexificação respectivamente do "milieu" por integração do "environnement" e do "ego" por integração do "milieu"- e, por processos desintegrativos de exteriorização e de centração, os seus opostos.

Nestas permutas coexistem dois processos: 1) de complexificação, neguentrópicos, que correspondem a um ganho em organização, em abstracção e, portanto, em autonomia; 2) de descomplexificação, entrópicos, que se traduzem num aumento de desorganização e perda de originalidade, que a própria pessoa, enquanto sistema auto-finalizado, terá de gerir (por processos de auto-regulação), de modo que o balanço deste processo penda a favor de um aumento da sua neguentropia.

Deste quadro de referência emergem determinados pressupostos que se consideram relevantes na fundamentação de um processo de reconceptualização da aprendizagem e da educação em ciência.

Em primeiro lugar, o conhecimento científico, como o conhecimento pessoal, é uma construção humana, pessoal e social. As ideias e teorias científicas não resultam apenas da interacção dos indivíduos com os fenómenos, mas passam também por um processo complexo de negociação no seio da comunidade científica antes de serem adoptadas por esta. Isto contrasta com perspectivas implícitas noutras abordagens de ensino, que retratam o conhecimento científico como "objectivo, não-problemático e fixo" ou "descoberto" através de pesquisas empíricas individuais. Portanto, perspectivas que ignoram a dimensão social da ciência, o seu carácter provisório e problemático, bem como a complexidade da actividade científica.

Em segundo lugar, o aluno tem finalidades próprias e é o principal responsável pela sua própria aprendizagem. Mais do que um receptor ou processador passivo de

⁴² . Quando se fala de complexificação da pessoa, do sistema-pessoa, significa, na perspectiva de Lerbet que a «pessoa é capaz de gerar mais variedade porque é ela própria mais variada, mais estável ("ferme"), mais rica e traduz-se num aumento de organização pessoal» (Lerbet (1981, p.23). A pessoa mais complexificada torna-se mais autónoma, mais aberta às coisas e aos outros.

informação, a perspectiva construtivista vê o aluno envolvido activamente na construção de significados, confrontando o seu conhecimento anterior com novas situações e, se for caso disso, (re)construindo as suas estruturas de conhecimento. A forma como uma situação é construída depende quer das características da situação quer dos esquemas interpretativos usados. Por outro lado, olhar a pessoa como um sistema aberto e hipercomplexo acentua a importância dos contextos em que a pessoa se situa e que podem ou não ajudá-la no processo de complexificação, no processo de crescimento em autonomia e abstracção. É também reconhecer a pessoa com um ser autónomo, singular, com estratégias próprias, é reconhecer a variedade pessoal. Deste modo, conduz a ter em conta que educar não é promover a igualdade, o conformismo, através de práticas repetitivas, burocratizadas, mas sim proporcionar contextos educacionais em que se reconheça a variedade pessoal e se propiciem espaços decisoriais que preservem a originalidade de cada pessoa.

Em terceiro lugar, como faz notar Driver (1990), a aprendizagem da ciência passa pela iniciação dos alunos na cultura científica.

Esta posição de Driver prende-se também com a questão dos conteúdos de ensino na ciência escolar. De facto, se reconhece as limitações de uma abordagem da educação em ciência centrada nos conteúdos científicos e de uma abordagem centrada nos processos, atrás caracterizadas, porque redutoras na visão de ciência que privilegiam, permanece a questão de qual o papel destas duas vertentes na educação em ciência. Sobre esta questão, o actual movimento de reforma parece valorizar sobretudo uma abordagem holística da ciência, onde os conteúdos e os processos científicos aparecem integrados. O que é que isto significa mais concretamente?

Woolnough (1989) refere especificamente esta necessidade de uma abordagem holística da ciência pois, como argumenta, centrar o ensino da ciência nas suas partes não significa que se ensine ciência, ou, como ele próprio afirma, o todo é mais que a soma das partes e é diferente. Nesse sentido, considera que a ciência, tal como o ensino da ciência, deve ser vista como uma actividade holística de resolução de problemas - "holistic problem-solving activity"- onde ocorre uma interacção contínua entre o conhecer e o fazer.

A este propósito, Brook, Driver e Johnston (1989) salientam que, uma vez que a ciência não se restringe à descrição de fenómenos e acontecimentos do mundo natural, mas envolve também ideias e modelos desenvolvidos pela comunidade científica para prever e interpretar esses acontecimentos, assim como os processos através dos quais

essas ideias são desenvolvidas e avaliadas, a aprendizagem da ciência deve envolver estas duas componentes da ciência: as interpretações que a comunidade científica faz dos fenómenos e os processos através dos quais essas interpretações mudaram e continuam a mudar.

Nesta linha de pensamento, Hodson (1992b, 1992c, 1993) propõe como vertentes fundamentais da educação em ciência a «aprendizagem da ciência, a aprendizagem acerca da ciência e fazer ciência». A aprendizagem da ciência -"learning science"- corresponde, segundo este autor, à aquisição de conceitos científicos e à familiarização dos alunos com algumas das principais teorias científicas; portanto, envolve a aquisição e desenvolvimento teórico e conceptual. A aprendizagem acerca da ciência -"learning about science"- envolve o desenvolvimento da compreensão sobre a natureza e os métodos da ciência, bem como das interações complexas entre a ciência e a sociedade. O fazer ciência -"doing science"- corresponde, segundo Hodson, à utilização dos métodos da ciência no inquérito científico e resolução de problemas.

A consideração destes três aspectos da educação em ciência configura, na perspectiva de Hodson, uma interrelação dinâmica entre o conhecimento conceptual e processual.

Em síntese, poder-se-á referir que olhar a educação em ciência por este prisma, em que as diversas dimensões da ciência se entrelaçam de modo a contribuir para a exploração e desenvolvimento da compreensão pessoal da ciência, parece constituir um quadro de referência pertinente na perspetivação de currículos de ciência e de modelos pedagógico-didáticos que potenciem a aquisição de uma cultura científica e a formação de cidadãos esclarecidos, críticos e intervenientes.

Por outro lado, situando-nos numa perspectiva construtivista da aprendizagem, a dicotomia entre processos e conteúdos na configuração da educação em ciência perde qualquer sentido. De facto, ao admitir-se que a aprendizagem é um processo de construção pessoal e social, a aprendizagem de uma forma significativa do que é tradicionalmente considerado como conteúdos envolve o aluno num processo activo de construção do conhecimento. De igual modo, aquilo que se convencionou chamar de processos científicos (por exemplo, observar, classificar, interpretar) não podem ser utilizados isoladamente ou de uma forma neutral, pois que eles envolvem a mobilização dos conhecimentos e experiências prévias dos alunos. Neste sentido, a aprendizagem da ciência não pode ser caracterizada nem pela aprendizagem dos conteúdos, nem pela

Natureza da educação em ciência

aprendizagem dos processos, mas pela sua interacção dinâmica em situações de aprendizagem que possibilitem aos alunos construir e reconstruir continuamente e progressivamente a sua compreensão do mundo.

CAPÍTULO 2 - PAPEL E ESTATUTO DO TRABALHO EXPERIMENTAL NA EDUCAÇÃO EM CIÊNCIA

A relevância do trabalho experimental na educação em ciência tem sido amplamente reconhecida (quer por cientistas, quer por investigadores e professores e outros profissionais ligados à educação) desde a introdução do estudo das ciências nos currícula educativos, que data do início do século dezanove. Também no processo de mudança da educação em ciência que agora se configura por todo o mundo, se reconhece ao trabalho experimental um papel relevante. A este propósito, Hodson sublinha que o trabalho experimental pode ser «um factor determinante na compreensão pelas crianças do trabalho realizado pelos cientistas e nas suas atitudes em relação à ciência e aos cientistas» (Hodson, 1986, p.215).

Todavia, a designação comum de "trabalho experimental" envolve alguma ambiguidade. A esta designação podem estar associadas diferentes concepções.

Assim, falar da relevância do trabalho experimental na educação em ciência, passa, em nossa opinião, pela explicitação da concepção de trabalho experimental envolvida. De facto, o trabalho experimental tem assumido ao longo dos tempos várias modalidades, desde demonstrações, verificações a investigações, que correspondem a concepções diversas de trabalho experimental e às quais são associadas diferentes funções e diferentes objectivos.

É nossa convicção que nem tudo aquilo que genericamente se designa por trabalho experimental ou por trabalho prático pode ser considerado um factor determinante na compreensão da natureza da ciência e do trabalho dos cientistas.

Assim, e em primeiro lugar, este capítulo incidirá sobre as concepções correntes de trabalho experimental e a análise dos seus pressupostos epistemológicos e psicopedagógicos. Procurar-se-á também questionar a pertinência de uma reconceptualização do trabalho experimental à luz de um novo quadro de referência configurado pela epistemologia construtivista, de modo a reflectir uma concepção de ciência e da natureza da actividade científica mais consentânea com posições epistemológicas contemporâneas, e far-se-á uma análise da natureza do trabalho experimental concebido como uma actividade de resolução de problemas.

Em seguida, numa segunda secção deste capítulo, reflectir-se-á sobre os valores educativos do trabalho experimental, começando-se por fazer uma breve retrospectiva histórica da sua utilização ao longo dos tempos, seguida de uma análise crítica dos

papeis que o trabalho experimental tem desempenhado ou pode vir a desempenhar no âmbito da educação em ciência.

1 - Emergência de uma concepção de trabalho experimental

1.1 - Concepções correntes de trabalho experimental

Segundo Nersessian (1989), a ideologia predominante entre os professores de ciências é que as experiências "em primeira-mão" são fulcrais para a aprendizagem da ciência. No entanto, como salienta este autor, não tem sido feito um estudo sistemático do que pode ser conseguido com as aulas experimentais. Um contributo para a elucidação das potencialidades e limitações do trabalho experimental poderá ser a análise crítica das concepções e práticas correntes de trabalho experimental.

Com esta análise não se pretende fazer uma caracterização exaustiva, mas tão só identificar alguns elementos estruturantes dessas concepções e os problemas epistemológicos e pedagógicos que levantam. Pretende-se assim, contribuir para a compreensão dos contornos destas concepções e aflorar algumas questões que ajudem a clarificar o debate que se desenvolve em torno da necessidade de reconceptualização do trabalho experimental e de reavaliação do seu papel na educação em ciência.

A análise das concepções correntes de trabalho experimental terá como referência as dimensões, propostas por Cachapuz *et al.* (1989a) e Lock (1990), para análise deste tipo de actividade numa lógica construtivista.

Como dimensões de análise, vistas pela óptica do grau de envolvimento dos alunos, Cachapuz *et al.* propõem as seguintes: o grau de abertura da actividade; a iniciativa do planeamento; a execução; o princípio de análise de dados e sua exploração e as interacções.

Por seu turno, Lock considera como elementos característicos das actividades experimentais: a área de interesse; a definição do problema; o planeamento da actividade e a determinação da estratégia; a execução; a recolha de resultados; a avaliação e interpretação dos resultados. Estes elementos possibilitam, segundo a sua perspectiva, avaliar o grau de abertura das actividades, nomeadamente, em função do tipo de problema em estudo e do nível de controle do professor e alunos sobre cada um deles.

Analisando estas duas propostas, constata-se que não há diferenças essenciais entre elas, evidenciando-se uma preocupação comum de considerarem como dimensões

globais de análise das actividades experimentais o grau de envolvimento dos alunos, o que equivale a considerar o nível de controle do professor e alunos e, conseqüentemente, o grau de abertura das actividades. A proposta de Lock, por ser mais descritiva e incluir elementos das actividades de resolução de problemas, parece-nos complementar a proposta de Cachapuz *et al.*, pelo que usaremos indiferentemente a terminologia usada por cada um destes autores, conforme a situação em análise.

1.1.1 - Demonstrações e verificações experimentais

As demonstrações e verificações são modalidades de actividades experimentais a que correspondem determinadas características.

Segundo Cachapuz *et al.* (1989a), as demonstrações possuem como atributos essenciais o facto de serem actividades fechadas executadas pelo professor. São actividades cuja concepção, realização e exploração estão centradas no professor. Neste contexto, os alunos têm um envolvimento reduzido e condicionado pela acção do professor. O professor realiza a experiência, descreve as observações e/ou formula questões; os alunos observam, relatam e escrevem explicações do que observam ou respondem a questões relacionadas com o que observam.

Por seu turno, as verificações são consideradas pelo mesmo autor como actividades que se caracterizam fundamentalmente por terem um pequeno grau de abertura e por serem os alunos, organizados em grupos, os responsáveis pela execução experimental. O professor assume a iniciativa do planeamento da actividade, bem como a definição do princípio de análise dos dados e a sua exploração. Os alunos assumem neste tipo de actividades um maior envolvimento, nomeadamente, na execução experimental, o que na sua perspectiva poderá permitir aos alunos gerir melhor o seu ritmo de aprendizagem, na medida em que «o ritmo de informação passou agora a poder ser também controlado pelo aluno e não apenas pelo professor» (Cachapuz *et al.*, 1989a, p.26).

Para Lock (1990) a diferença fundamental entre estes dois tipos de actividades reside no facto de serem os alunos a recolher os dados de experimentação no caso das verificações. Ambas são consideradas como actividades de estilo confirmatório do tipo "experimente para mostrar que..." ou "prove que...", em que o produto da actividade é, em ambos casos, corroborativo de uma teoria previamente ensinada. Deste modo, os resultados experimentais a obter estão já definidos à partida pelo professor, sendo no

caso das verificações a sua obtenção assegurada, por via de um procedimento experimental estruturado com esse fim pelo professor e que os alunos terão que seguir.

Outros autores, como por exemplo Kempa (1988), referem-se às verificações como exercícios de "prática confirmatória" através dos quais se pretende que os alunos, seguindo quase mecanicamente autênticas "receitas", ilustrem ou verifiquem uma determinada teoria.

O modo como as demonstrações e verificações experimentais são concebidas e desenvolvidas, colocando a ênfase na recolha de dados de observação e experimentação que ilustrem a validade dos conteúdos científicos em análise, parece fundamentar-se no pressuposto epistemológico de que é através da reprodutibilidade dos resultados experimentais e da consistência com os "factos observáveis" que as teorias são avaliadas e validadas. O propósito fundamental deste tipo de actividades experimentais é, de acordo com Brook, Driver e Johnston (1989), demonstrar e/ou ilustrar ideias e teorias. Esta posição levanta, contudo, vários problemas de carácter epistemológico e pedagógico.

Em termos epistemológicos há que realçar, em primeiro lugar, que a "consistência com os factos" não confere um maior estatuto de verdade a uma teoria. Essa consistência apenas significa, de acordo com Duhem (1962)⁴³, que a teoria pode ser verdadeira, o que não significa que não possa haver uma série de outras teorias que possam corresponder a essas observações.

Em segundo lugar, as observações e as descrições das observações são falíveis e dependentes da teoria. Do mesmo modo, quaisquer conclusões que se possam extrair delas também são falíveis e dependentes da teoria.

Em terceiro e último lugar, as experimentações não fornecem dados isentos de ambiguidade e confiáveis. Estes podem muitas vezes ser interpretados de várias maneiras, dependendo do quadro teórico utilizado e dos propósitos que informam a selecção da própria experimentação.

Deste modo, pode afirmar-se que as demonstrações e verificações (ou exercícios de prática confirmatória como por vezes são designadas as verificações) assentam em pressupostos epistemológicos que se identificam com posições empiristas-indutivistas que, como vimos, são postos em causa pela epistemologia contemporânea.

⁴³ Duhem (1962) cit. in Hodson (1992c, p.546).

Em termos pedagógicos, são também diversos os problemas e fragilidades que este tipo de actividades experimentais evidenciam.

Como assinalam Brook, Driver e Johnston (1989), mesmo que os alunos façam observações que forneçam "evidência" para uma determinada explicação científica aceite, isto por si só não possibilita aos alunos construir essa explicação. Quando os alunos fazem observações, é necessário que reconstruam as suas ideias para acomodar essas novas observações, o que não é feito automaticamente. Isto requer que os alunos revejam as suas ideias prévias sobre a situação em estudo e as adaptem ou as mudem. Além disso, mesmo que os alunos façam observações apropriadas, isso não significa que os alunos sejam capazes de fazer a interpretação pretendida. Tal como a observação, também a interpretação é influenciada pelas noções prévias dos alunos. Se não se tiver em conta isto, e se o que se pretender é uma determinada interpretação, um determinado produto, as suas interpretações serão ignoradas ou consideradas erradas, o que, na perspectiva daquelas autoras, conduz os alunos a perceberem que têm que entrar no jogo de "adivinhar o que é o professor quer" e a admitirem que há apenas uma interpretação "certa" da evidência. Neste contexto a actividade torna-se altamente estruturada, impedindo que os alunos relacionem as suas ideias e os modelos da ciência com aquilo que acontece na experiência.

Outro problema normalmente associado à realização das verificações experimentais tem a ver com o que Cachapuz *et al.* (1989a) designam por "falta de contexto" na sua implementação, ou seja, o facto de muitas vezes não se esclarecer quais são os objectivos das experiências que se vão realizar e os procedimentos a adoptar e como é que estes se articulam. Em consequência desta situação constata-se que os alunos não sabem muitas vezes por que é que estão a realizar uma dada experiência e por que é que se utilizam aqueles procedimentos e não outros. Acresce ainda que, de acordo com Hodson (1992c), existem já bastantes resultados de investigação que evidenciam que muitos alunos, imediatamente a seguir à realização deste tipo de actividades, não são capazes de dizer o que é que fizeram, por que é que fizeram e o que é que obtiveram.

Woolnough e Allsop (1985) atribuem muita da ineficácia que se associa às verificações experimentais ao efeito distractor que a teoria pode ter neste tipo de exercícios, em que a preocupação dominante do professor é focar a observação dos alunos para aspectos particulares, não permitindo, assim, nem a aprendizagem dos conteúdos científicos envolvidos, nem o desenvolvimento de capacidades técnicas e laboratoriais básicas.

As críticas de carácter pedagógico que se fazem às demonstrações realizadas pelo professor prendem-se também com o facto destas actividades serem frequentemente associadas a métodos didácticos expositivos. A sua escolha privilegiada, ainda nas nossas escolas, é altamente questionável. Para Cachapuz *et al.*, as demonstrações «só se justificam por factores ligados à organização e gestão do ensino na sala de aula e não por aspectos centrados na aprendizagem dos alunos» (Cachapuz *et al.*, 1989a, p.26).

Todavia, Woolnough e Allsop (1985) reconhecem às demonstrações um papel de complementaridade, argumentando que são eficientes para transmitir informação, descrever conceitos e técnicas. Admitem que podem ser úteis para ajudar os alunos a estabelecer ligações entre a realidade e teorias abstractas e a construir concepções mais estruturadas e interligadas.

Como actividades alternativas às verificações experimentais, Woolnough e Allsop (1985) propõem outro tipo de actividades que designam por "exercícios práticos" e "experiências".

Por exercícios práticos designam os exercícios de manipulação, observação e medição. Nestes exercícios práticos são valorizados sobretudo os processos, mais do que os conteúdos e o seu propósito é desenvolver capacidades práticas e técnicas.

As experiências são definidas por Woolnough e Allsop como experimentações exploratórias simples, rápidas, geralmente qualitativas ou semi-quantitativas. A experiência directa (tocar, sentir, cheirar, ver, etc.) de fenómenos científicos, em que se faz recurso de materiais simples, dando oportunidade aos alunos para contemplar, assimilar e discutir, tem, na opinião destes autores, um valor inestimável. Conduz à compreensão e crença -"credibilidade pessoal"- nas teorias e conceitos subjacentes ao fenómeno observado e desenvolve nos alunos um "sentido" dos fenómenos em estudo, aproximando-os da sua compreensão.

1.1.2 - Método da "descoberta"

O trabalho experimental que corporizava o designado "método da descoberta" mais não era que uma pretensa reprodução do "método científico".

O método da descoberta, que se desenvolveu e aplicou durante os anos 60 e 70, principalmente em países anglo-saxónicos, visava fundamentalmente colocar o aluno na posição de "ser um cientista", ou seja, «pôr o aluno no papel de investigador, dando-lhe

oportunidade para realizar experiências e testar ideias por si próprio» (Driver, 1983, p. vii).

Assim, considera-se que o método da descoberta constitui um meio através do qual os alunos podem vivenciar os processos da ciência a fim de desenvolver ou, completar informação. Pretende-se que os alunos se envolvam totalmente com os materiais, usando esses materiais para desenvolver conceitos e factos antes de ler ou ouvir qualquer informação, quer de livros, quer do professor. As conclusões delineadas e as inferências que os alunos fazem devem basear-se sempre nas evidências das observações feitas durante a realização das actividades programadas.

Neste contexto, atribui-se ao professor um papel fundamentalmente de guia e de orientador da actividade dos alunos. Presume-se que a autoridade não reside no professor, mas nas respostas que provêm dos materiais. Consequentemente, o professor deve tornar-se parte, conjuntamente com os alunos, da experiência de descoberta e, não o líder.

Assume-se como pressuposto fundamental que há um método científico que pode ser facilmente caracterizado e ensinado. Um método com uma estrutura sequencial de etapas discretas, precisas e fixas, hierarquicamente organizadas, que Giordan (1978) designa de método "OHERIC", constituído pelas seguintes etapas: Observação, Hipótese, Experimentação, Resultado, Interpretação, Conclusão. Percorrendo as fases perfeitamente definidas de um processo linear e repetitivo, pretende-se que os alunos "descubram", a partir de regularidades observadas, os conceitos e teorias científicas que os cientistas levaram anos a construir, como nos mostra a história da ciência.

Para Hodson, a utilização do método da descoberta traduz-se na adopção generalizada de processos indutivos, que para evitar a armadilha das experiências escolares tradicionais que servem meramente para confirmar o conhecimento teórico, caem noutra armadilha: a pretensão de que as estruturas teóricas podem emergir dos dados experimentais por um processo de generalização indutiva (Hodson, 1985, p.35). Assenta fundamentalmente no mito de que a observação permite o acesso directo e fidedigno a conhecimentos seguros sobre o mundo, sem a influência de quaisquer preconceitos teóricos ou outros.

Ora, se se aceita a ideia preconizada pela epistemologia contemporânea de que os processos da ciência estão imbuídos de teoria e de que a sua utilização só tem sentido num dado contexto teórico, é ilusório pensar que é possível desenvolver investigações experimentais fora de qualquer quadro conceptual. Portanto, a utilização dos processos

da ciência no desenvolvimento de investigações experimentais no contexto escolar pressupõem a mobilização de conceitos e teorias e de outros processos.

Como salienta Hodson, a «observação é um processo cognitivo activo que depende de uma estrutura conceptual prévia» (Hodson, 1992a, p.121). É inserindo-nos num determinado quadro conceptual que sabemos o que observar, onde observar, como reconhecer a observação que queremos fazer, quando rejeitar ou repetir observações e como interpretar essas observações. Do mesmo modo, todos os outros processos científicos envolvidos no desenvolvimento de actividades experimentais, como classificar, medir, hipotetizar e inferir, só adquirem significado e pertinência se usados num determinado contexto teórico de referência.

Por outro lado, neste tipo de actividades práticas, o "problema" de partida é essencialmente convergente, conducente à "descoberta" de um conteúdo científico, de uma teoria.

A natureza convergente destas actividades, cujo produto final está bem definido à partida, configura uma estrutura em que, de acordo com Driver (1983), os alunos muito rapidamente aprendem o jogo de "o que é que querem que eu descubra?" Deste modo, todo o processo se desenvolve através de um exercício altamente estruturado de modo a assegurar que o aluno descubra a coisa correcta. Na perspectiva de Driver, trata-se de actividades que conduzem ao "jogo da resposta certa" e da "descoberta do certo e inevitável".

Tal como no caso das verificações, na prática estas actividades experimentais, como sublinham Lunetta e Tamir, apresentam as seguintes características: «Os alunos assumem normalmente o papel de técnicos, seguindo instruções explícitas e envolvendo-se no desenvolvimento de capacidades de nível baixo. Muito poucas questões ou instruções são apresentadas para estimular capacidades de nível superior na análise, conceptualização, aplicação e desenho experimental» (Lunetta e Tamir, 1981, p.483)⁴⁴. Além disso, estas actividades não envolvem, normalmente, momentos de reflexão e de exploração do trabalho desenvolvido, verificando-se, como assinala Lunetta (1990), uma ausência de discussões pós-laboratoriais, bem como da partilha dos resultados obtidos pelos diferentes grupos de trabalho.

⁴⁴ . Tamir e Lunetta (1981) cit. in Lunetta (1990, p.237).

Assim, a utilização do método de "descoberta" nas aulas experimentais configurou e configura sobretudo práticas ritualísticas de aplicação de instruções com vista à obtenção da resposta correcta.

Em conclusão, pode dizer-se que as demonstrações, as verificações e as actividades de "descoberta" traduzem as concepções e práticas correntes de trabalho experimental.

Da análise anteriormente feita, ressaltam algumas características comuns a estas concepções.

Em primeiro lugar, o trabalho experimental é concebido, sobretudo, como uma actividade centrada na ilustração, verificação ou descoberta de conceitos a partir dos factos fornecidos pela experiência ou fenómenos observados. Deste modo, a observação e experimentação, através da manipulação de materiais, são considerados os elementos principais, enquanto fontes de dados a partir dos quais é possível inferir conclusões que ilustrem ou corroborem um dado conteúdo científico ou que permitam a sua descoberta.

Em segundo lugar, o processo de desenvolvimento do trabalho experimental é normalmente concebido como um processo estruturado e repetitivo em que, como afirma Robardet e Guillaud (1994), o contexto, o material, as manipulações efectuadas são escolhidas e organizadas tendo como função essencial pôr em evidência o conceito ou a lei. Assim, o procedimento normal nas aulas das ciências físicas consiste, para estes autores, em partir de uma experiência-protótipo com uma correspondência estrita com o fenómeno a estudar, considerada simultaneamente ilustrativa do fenómeno e fundadora de factos, e organizá-la de tal maneira que as grandezas pertinentes se encontrem já designadas de modo a que a lei emerja quase naturalmente do fenómeno. Para Kempa (1988), estas actividades traduzem-se, na maioria dos casos, na execução de receitas, tipo "receitas de cozinha".

Em terceiro lugar, são actividades em que está ausente a verbalização e discussão de ideias, a conjecturação, a reflexão e avaliação crítica do trabalho desenvolvido e a resolução de problemas abertos. Neste contexto, parece-nos pertinente questionar qual é a actividade dos alunos: o que é que os alunos fazem? De que margem de liberdade dispõem? Quais podem ser as suas iniciativas? Que actividades intelectuais, relacionadas com os conceitos envolvidos no trabalho, os alunos mobilizam no decurso das suas manipulações?

Com efeito, o papel dos alunos surge fortemente condicionado pela própria natureza das actividades. Tratando-se normalmente de actividades fechadas, convergentes para a obtenção de um produto determinado, os alunos parecem desempenhar, sobretudo, o

papel de executores de instruções explícitas com vista à obtenção da resposta desejada pelo professor - a resposta certa.

Finalmente, estas concepções e práticas de trabalho experimental colocam, como vimos, vários problemas de carácter epistemológico e pedagógico.

Dentre destes problemas, as críticas incidem, por um lado, sobre a primazia da observação experimental no processo de conhecimento e sobre a pressuposição de que existe um método científico universal com características bem definidas, cuja aplicação mecanicista permitirá o acesso à descoberta da natureza.

Por outro lado, critica-se o facto destas práticas veicularem junto dos alunos mitos sobre a ciência e o seu processo de produção (Hodson, 1985, 1993; Lunetta, 1990), transmitindo, nomeadamente, ideias erradas sobre as relações entre observação, teoria e experimentação, em que a geração de teorias científicas surge como pouco mais que um processo de observação das regularidades na natureza e em que aquelas estão subordinadas e são validadas por uma recolha meticulosa e ordenada de "factos" experimentais. Além disso, veiculam a ideia de que o conhecimento científico é não-problemático e que traduz a realidade tal como ela é. Ideia que é reforçada quando se evitam atitudes que favoreçam a dúvida, as hesitações, o debate, a pesquisa dos limites de aplicação de um dado conhecimento científico, em suma, tudo o que poderia deixar entender que o conhecimento científico não é nem absoluto, nem universal, nem definitivamente adquirido, mas uma construção difícil e contraditória.

Por seu turno, estas críticas denunciam a ilusão de que as observações ou as experimentações permitem o acesso directo a um conhecimento fidedigno, certo e acabado sobre a natureza, não imbuído de quaisquer preconceitos. Fazem, ainda, ressaltar a ideia de que não é possível promover a aprendizagem destes processos independentemente do conteúdo e do contexto, ou seja, esta aprendizagem só tem sentido se ocorrer paralelamente ao desenvolvimento conceptual dos alunos. Neste sentido, preconiza-se que as experiências sejam definidas, concebidas e interpretadas no âmbito de uma determinada matriz teórica, na medida em que é esta matriz que orienta a percepção do problema, determina o planeamento experimental, influencia a interpretação dos resultados e todos os outros processos envolvidos no trabalho experimental.

Dentre os problemas de carácter pedagógico que estas concepções colocam, ressaltam os que se prendem com o facto de assumirem na prática uma estrutura rígida e repetitiva que se consubstancia, normalmente, num ambiente constrangedor e limitante

da acção dos alunos, que muitas vezes não ultrapassa a mera execução de instruções fornecidas pelo professor. Assim, o modelo de aprendizagem privilegiado é o de transmissão de um saber já feito e não o da (re)construção das ideias prévias dos alunos, preconizado pelas teorias construtivistas.

A existência destes problemas associados às concepções e práticas correntes de trabalho experimental têm gerado um acumular de anomalias, de disfuncionamentos e de críticas, que contêm em si o gérmen e sugestões de mudança que perfilam a necessidade da emergência de uma outra concepção de trabalho experimental, fundamentada num entendimento epistemológico do conhecimento e da aprendizagem muito diferente do empirismo e do behaviorismo - o construtivismo.

1.2 - Trabalho experimental como uma actividade de resolução de problemas

A importância da reconceptualização do trabalho experimental é reconhecida por diversos quadrantes e está associada ao movimento de reforma curricular da educação em ciência que se prefigura em diversos países. Hodson e Reid (1998b), entre outros autores, reconhecendo que as práticas habituais de trabalho experimental têm um valor educativo muito reduzido, defendem explicitamente que é necessário proceder a uma reformulação das concepções correntes sobre a natureza e papel do trabalho experimental na ciência escolar, num quadro de referência em que se tenham em conta as perspectivas actuais sobre a epistemologia da ciência e teorias da aprendizagem.

É neste quadro de referência que se reafirmam como pertinentes os objectivos de reformulação global das experiências de aprendizagem nas aulas de ciências e, em particular, para a reconceptualização do trabalho experimental.

Particularmente, em Portugal e nas novas propostas curriculares para o ensino da Física-Química, preconiza-se a utilização dos métodos e processos da ciência no desenho de experiências de aprendizagem, com particular relevância nas actividades de trabalho experimental.

Dizer que as actividades dos alunos devem reflectir as características do trabalho científico pressupõe uma reflexão sobre o modo como os princípios epistemológicos emergentes da filosofia contemporânea poderão influir no desenho de experiências de aprendizagem.

Da análise anteriormente desenvolvida na primeira parte deste trabalho e das críticas feitas à didáctica habitual do trabalho experimental relevam um conjunto de princípios

epistemológicos de que se destacam: 1) as observações científicas, bem como todos os processos científicos, não ocorrem num vazio conceptual; são condicionados e estão impregnados de teoria, desde a observação à elaboração de hipóteses e de conclusões até à selecção do equipamento e experimentação a realizar e, como tal, é o conhecimento conceptual que guia os processos científicos e não, simplesmente, o resultado da sua utilização; 2) o processo de conhecimento desenvolve-se a partir de problemas e da sua resolução e não por processos de indução a partir de dados de observação e experimentação; 3) não existe um método científico, único e universal, que permita aceder ao conhecimento do mundo, mas várias metodologias que dependem do objectivo a perseguir, o conteúdo a ensinar e o contexto de aprendizagem.

Estes princípios epistemológicos consensuais podem, na opinião de Hodson (1985), corporizar uma visão do método científico adequada ao curriculum escolar.

Nesse sentido, sugere uma modificação da teoria do conhecimento dos "três mundos" de Popper: a substituição do mundo 2, o mundo do pensamento humano, pelo método científico, pela prática científica (Hodson, 1982, 1985).

A compreensão das implicações deste modelo leva-nos a retomar algumas das ideias já expressas sobre o modo como Popper concebe a sua teoria dos três mundos⁴⁵, enquanto teoria de conhecimento. Como vimos, para Popper, a essência da actividade científica no processo de conhecimento da realidade reside numa espiral de reacções que ocorrem entre os três mundos (o mundo dos objectos e fenómenos físicos, o mundo dos seres humanos e o mundo da cultura, da linguagem, do conhecimento científico) onde desempenham um papel fundamental os problemas, objectos do mundo três, enquanto ponto de partida neste desencadear de reacções e os seres humanos que, por via do método do ensaio e erro, procuram resolver esses problemas.

Considerar o modelo proposto por Hodson, à luz da forma como Popper interpreta a sua teoria dos três mundos, faz emergir uma concepção da actividade científica como a interface entre as teorias científicas/o conhecimento científico e o mundo dos fenómenos científicos, onde o papel do sujeito é reconhecido como imprescindível. Assim concebida, a actividade científica pode ser considerada como «um processo dinâmico que muda e se desenvolve à medida que o conhecimento científico, que utiliza, muda e se desenvolve» (Hodson 1985, p.35). Da variedade de processos disponíveis, cada indivíduo adoptaria o processo mais adequado ao domínio em estudo e à "estrutura

⁴⁵ . vidé cap.1. ponto 1.2 da primeira parte.

substantiva" utilizada, o que significa que, quando a parte do mundo real em estudo muda e a estrutura substantiva muda, também o método muda (Hodson, 1985).

São várias as consequências que decorrem desta perspectiva e que consideramos significativas para a (re)elaboração de uma concepção de trabalho experimental na educação em ciência.

Por um lado, permite denunciar a ilusão do acesso directo ao conhecimento através dos dados sensoriais: as teorias são estruturas complexas produzidas por actividades criativas da mente humana, mais do que por generalização indutiva a partir dos dados de observação. Como sublinha Lerbet (1986), ao referir-se às interacções entre o mundo dois que, na opinião deste autor, se assemelha ao mundo do sistema-pessoa e, os mundos três e um, que constituem o seu "environnement" ⁴⁶, estas não se fazem por uma absorção directa de "coisas" recebidas do exterior, do "environnement", mas por processos complexos, integrativos e desintegrativos, que ocorrem no mundo próprio de cada pessoa, na interface entre este sistema e os outros sistemas. É nesta interface, o mundo próprio de cada pessoa, que ocorrem fluxos energéticos através dos quais se operam transformações, donde pode nascer a evolução, nomeadamente, a evolução do conhecimento do sujeito e do conhecimento científico.

Por outro lado, realça o papel significativo do sujeito como inventor e investigador no processo de conhecimento: é o sujeito que investiga o mundo três (o mundo das teorias científicas) mas este retroage sobre o mundo dois (o mundo das pessoas humanas) pela acção recíproca entre as pessoas, mediada pela linguagem.

Este papel constitutivo do sujeito do processo de conhecimento é, por sua vez, reconhecido como fundamental pelas teorias construtivistas da aprendizagem, em que esta é entendida como um processo pessoal e social de construção do conhecimento.

Admitir estes pressupostos epistemológicos e psicopedagógicos e pensar no trabalho experimental como uma experiência de aprendizagem significativa permite destacar algumas vertentes de reconceptualização do trabalho experimental.

Em primeiro lugar, realça-se a importância da teorização prévia e exploração das ideias existentes como os percursos necessários do trabalho experimental. Assim, e

⁴⁶ . Lerbet (1986) retomando a teoria dos três mundos de Popper e situando-se numa perspectiva sistémica, considera que cada um destes mundos pode ser considerado um sistema aberto, entre os quais ocorrem trocas de fluxos energéticos portadores de transformações. Por outro lado considera que o mundo dois é um sistema pessoal, que se assemelha ao mundo da pessoa, enquanto que o mundo três é o mundo da informação. O mundo um, o mundo dos objectos físicos pode, na sua opinião, considerar-se o "environnement" dos dois outros mundos.

por um lado, evidencia que o trabalho experimental não se restringe à experimentação e observação, mas envolve a especulação teórica e o debate e confrontação de ideias. Em suma, pressupõe que a sua concepção, realização e exploração ocorrem num quadro conceptual determinado. Deste modo, quer a observação e experimentação a realizar, bem como outros processos científicos envolvidos no desenvolvimento da actividade, como inferir, classificar, interpretar, formular hipóteses, etc., são informados e determinados pelo quadro conceptual de partida.

Por outro lado, parece não ter sentido conceber o trabalho experimental como uma aplicação de um algoritmo de procedimentos e regras fixas e determinadas, no pressuposto de que existe um método científico, único e universal, com essas características. Sugere, pelo contrário, que não há uma metodologia específica, bem definida, mas uma multiplicidade de métodos e processos a seleccionar atendendo aos objectivos a atingir, ao conteúdo científico em jogo, e ao contexto de aprendizagem.

Em segundo lugar, ao reconhecer-se a aprendizagem como um processo simultaneamente pessoal e social, parece razoável supor-se que o trabalho experimental, perspectivado como uma situação de aprendizagem, deve envolver uma componente pessoal e social.

Neste sentido, a componente pessoal reflecte as características idiossincráticas da actividade, ou seja, a necessidade de ocorrer um envolvimento efectivo dos alunos em todas as fases de desenvolvimento da actividade e, portanto, de não restringir a sua acção a uma mera execução de instruções fornecidas pelo professor. Pressupõe, nomeadamente, que se criem oportunidades para que os alunos possam mobilizar os seus interesses, saberes e experiências anteriores, as suas estratégias de aprendizagem, no desenvolvimento das actividades experimentais, pois, como vimos, o processo de construção pessoal do conhecimento é modelado e determinado por factores cognitivos, bem como por factores não-cognitivos que podem funcionar como activadores ou inibidores do desenvolvimento prático da acção.

A componente social do trabalho experimental envolve o reconhecimento de que a razão humana se desenvolve através de uma acção interactiva reflexiva, onde a dimensão intersubjectiva, a relação com os outros, assume particular importância. Ao admitir-se como fundamental esta componente, destaca-se a pertinência do trabalho experimental ser concebido como uma actividade cooperativa de aprendizagem centrada no trabalho de grupo, em pequenos grupos e no grupo-turma. Nesta actividade cooperativa é de destacar entre outros aspectos, relacionados nomeadamente com a

formação e dinâmica dos grupos cuja análise não cabe no âmbito deste trabalho, a relevância que pode assumir a discussão no seio dos grupos.

Com efeito, como salienta Solomon (1991), a discussão é uma dimensão importante a ter presente na concepção e desenvolvimento do trabalho experimental. Segundo esta autora, a discussão desempenha um papel importante na educação em geral, tanto como função de desenvolvimento de capacidades de debate e capacidades lógicas como na aprendizagem dos conteúdos. Mas no âmbito da educação em ciência adquire particular importância, nomeadamente no âmbito do trabalho experimental, quer no decurso do processo de realização quer na interpretação de resultados.

Tomando como base um trabalho de investigação desenvolvido por Wallace⁴⁷, Solomon refere que no decurso da realização de trabalho experimental, em actividade cooperativa, a discussão pode desempenhar diversas funções no âmbito de cada grupo de trabalho. Destacamos: a negociação sobre o que fazer, desde a selecção dos materiais à planificação das estratégias experimentais; a negociação sobre os conhecimentos, ou seja, a definição pelo grupo de quais são os resultados experimentais obtidos e os registos a fazer; e, ainda, o estímulo mútuo para a prossecução da actividade. No que se refere à interpretação de resultados, Solomon sublinha a importância da sua discussão no âmbito da turma, na medida em que ao proporcionar-se, entre os alunos, o confronto dos resultados obtidos e das interpretações que fizeram, sem o constrangimento de se chegar à resposta certa, possibilita: 1) a demonstração de que podem existir diferentes interpretações; 2) o encorajamento dos alunos a pensar acerca de ideias; 3) a obtenção pelo professor, de uma forma rápida, de uma amostragem da variedade de noções que os alunos construíram.

Também Cachapuz *et al.* se referem à importância da actividade cooperativa no trabalho experimental, salientando que, pelo facto de possibilitar interacções verbais entre os alunos de cada grupo, pode propiciar «um maior grau de especulação, espontaneidade e problematização da situações» (Cachapuz *et al.*, 1989a, p.26).

Por último, se se aceita que o trabalho experimental deve reflectir as características do trabalho científico e se se partir do pressuposto de que a actividade científica é uma actividade de resolução de problemas (como sublinha Popper quando afirma que «o método da ciência consiste na selecção dos problemas e na crítica das tentativas de solução, sempre de natureza experimental e provisória» (Popper, 1992, p.79), bem

⁴⁷ . Wallace (1986) cit. in Solomon (1991).

como outros epistemólogos e educadores em ciência) não é de estranhar que se proponha perspectivar o trabalho experimental como uma actividade de resolução de problemas. É neste sentido que se expressam Woolnough e Allsop que, partindo da constatação de que «a ciência é essencialmente uma actividade de "problem-solving"»(Woolnough e Allsop, 1985, p.33), argumentam, por um lado, que os processos científicos devem ser parte integrante da educação em ciência e, por outro, que os alunos, tal como os cientistas, deverão trabalhar como revolvedores de problemas.

Olhar o trabalho experimental como uma investigação que envolve a resolução de problemas parece ser um ponto de partida relevante numa tentativa de definição de um conceito de trabalho experimental. Não seria, assim, um processo linear, que caminha inexoravelmente dos factos para as ideias, mas um processo que envolve uma pluralidade de métodos e de explicações onde a criação, a invenção, a incerteza, a autocrítica, a hetero-crítica e o erro podem desempenhar um papel fundamental.

Todavia, considerá-lo como uma actividade de resolução de problemas envolve ainda algumas ambiguidades que se prendem, nomeadamente, com as que decorrem da utilização das expressões "resolução de problemas" e "problemas", a que se atribuem concepções e significados distintos, dependentes dos contextos e até de quem os formula.

1.2.1 - Natureza do objecto das investigações experimentais: os problemas

Se consideramos, como Popper (1992), que a fecundidade de uma actividade de resolução de problemas está em estreita relação com a importância e o interesse dos problemas em causa, impõe-se a clarificação do que se entende por problema.

O significado de problema é bastante lato. Para Pizzini *et al.* (1989), existe um problema quando há uma descontinuidade entre os conceitos inerentes à situação-problemática e o esquema conceptual do individuo. É esta descontinuidade, que Festinger (1962),⁴⁸ designa por "dissonância cognitiva", que na opinião deste autor motiva os alunos a resolverem o problema.

Garret *et al* (1990) caracterizam os problemas como situações para as quais não se conhece à partida a sua solução ou o caminho para se chegar à solução.

⁴⁸ . Festinger (1962) cit. in Pizzini *et al.*(1989, p.524).

Para outros autores como Bentley e Watts (1992), um problema tem um significado próximo do utilizado no contexto do dia-a-dia: uma pessoa tem um "problema" quando tem um objectivo que não pode ser atingido imediatamente, ou seja, há um ou mais obstáculos que dificultam a consecução desse objectivo. Neste sentido consideram que um problema se caracteriza fundamentalmente por haver um objectivo a ser atingido e por ser uma tarefa que não tem uma solução imediata. Deste modo, nem toda a informação relevante, ou nenhuma, está disponível à partida e implica a escolha de métodos que permitam aceder às "melhores soluções" e não às "respostas certas".

Burbules e Linn (1991) refere que na criação de situações-problema há que garantir que estas situações constituam desafios que estimulem os alunos a pensar sobre elas e que os alunos sintam ser capazes de as resolver. Assim, e a fim de se evitar a frustração e o sentimento de incapacidade face a problemas demasiado complexos ou difíceis, esta autora propõe, seguindo Vygotsky, que se considerem problemas que se insiram naquilo que é designado por "zona de construção" dos alunos ou "zona de desenvolvimento proximal"⁴⁹.

Dos vários sentidos atribuídos a problema parece plausível considerá-lo simultaneamente um estímulo, um desafio, uma questão/situação-problemática/tarefa que pode ter várias soluções possíveis, cuja(s) resposta(s) terá(ão) de ser elaborada(s) pelo sujeito; uma dificuldade a ultrapassar com vista a atingir determinado objectivo.

Assim, um problema pode ser um fenómeno para o qual a explicação não é conhecida à partida, algo que exige criar um método para descobrir as respostas. Pode, ainda, resultar da «tensão existente entre o saber e o não-saber» (por exemplo, através «da descoberta de que algo do nosso pretendo saber não está em ordem» (Popper, 1992, p.73)) e, portanto, quando detectamos alguma contradição entre esse nosso suposto saber e os factos, a suposta realidade. Os problemas podem, ainda, ter outras origens. Neste sentido, Popper (1992) sublinha que os problemas não devem, de modo algum, ser sempre de natureza teórica. Problemas de ordem prática são pontos de partida importantes para a actividade científica, já que podem conduzir a reflexões, a teorizações e, por consequência a, problemas de natureza teórica.

⁴⁹ Vygotsky (1988, pp.94-103), define "zona de desenvolvimento proximal" como «a distância entre o nível de desenvolvimento real, que se costuma determinar através da solução independente de problemas, e o nível de desenvolvimento potencial, determinado através da solução de problemas sob a orientação de um adulto ou em colaboração com companheiros mais capazes» (p.97). Neste sentido a zona de desenvolvimento proximal refere-se às funções que ainda não amadureceram, mas que estão em processo de maturação.

Neste contexto, podemos considerar que o trabalho experimental, como actividade de resolução de problemas, parte de situações que levantam dificuldades para as quais não há soluções feitas, acabadas. A confrontação com uma descontinuidade entre o ponto em que o aluno está e aquele a que quer chegar exige a criação de um processo para descobrir a solução, solução esta que pode ser única, múltipla ou nem existir; implica a invenção de um caminho susceptível de o ajudar a ultrapassar essa descontinuidade. Trata-se, portanto, de um projecto pessoal que exige o envolvimento do aluno na sua concepção e desenvolvimento.

Por outro lado, se considerarmos, seguindo Popper (1987), que os problemas surgem com a vida, portanto, pertencem à relação entre o ser vivo e o mundo, parece plausível a hipótese de que os problemas são do foro da relação entre o sujeito e o seu "environnement", nomeadamente, da sua relação com a realidade envolvente e com o conhecimento. Neste sentido, acentua-se a ideia de que a resolução de um problema é um projecto pessoal que envolve componentes cognitivas e não-cognitivas. A sua solução envolve a vontade e o desejo de a encontrar, o interesse e a paixão pelo problema e a imaginação e criatividade na invenção de um caminho.

Nesta perspectiva um problema não é algo de que se conhece a solução à partida, não é uma situação convergente que nega a diversidade de caminhos e soluções e nem é uma tarefa que envolva a aplicação de um procedimento prescrito pelo professor para obter a solução correcta, a solução desejada.

Interrogamo-nos, contudo, se não é este o tipo de problema de que se parte quando se realiza trabalho experimental para verificar, ilustrar ou "descobrir" conceitos e leis, como é prática habitual nas nossas escolas.

Considerar o trabalho experimental como uma actividade de resolução de problemas, de situações para as quais não existe uma resposta elaborada, exige a compreensão da natureza do seu processo de resolução.

1.2.2 - Natureza do Processo

Decorre do que tem vindo a ser dito que a natureza do processo do trabalho experimental deve possuir características que se assemelhem às do trabalho científico.

Segundo Giordan, para a compreensão da natureza do processo do trabalho experimental importa ter em atenção que «a actividade científica comporta essencialmente dois momentos em sinergia: um momento de criação e um momento de

formalização» onde «a experiência e a observação são o elo de ligação entre esses dois momentos» (Giordan, 1978a, p.40).

No trabalho experimental encarado deste modo, processa-se «uma interacção entre um irracional, a criatividade, que permite imaginar hipóteses e experiências, e um racional, os factos experimentais e o raciocínio. No interior do racional ocorre, ainda, uma dialéctica entre um elemento sensível ao suporte concreto - a percepção dos factos e, um elemento abstracto de suporte imaterial - o aspecto operativo» (Giordan, 1978a, p.32).

Trata-se, portanto, de um processo complexo cujo desenvolvimento pelos alunos não é, por essa razão, uma tarefa fácil. Essa dialéctica só pode ser compreendida se for vivenciada.

Questionamo-nos, no entanto, se essa vivência não pressupõe que se tenha de partir das representações do aluno, dos seus saberes, das questões que ele põe. E, ainda, se não pressupõe a necessidade de promover o desenvolvimento de uma atitude experimental, ou seja, um estado de espírito que comporte a reflexão crítica sobre o que observa, a dúvida metódica sobre o que conhece, a criação e comunicação.

É neste sentido que Hodson (1992a, 1992b), refere uma série de pré-requisitos que têm de ser satisfeitos de modo a que os alunos possam desenvolver satisfatoriamente uma investigação prática. Com vista à resolução de um problema os alunos devem ter: 1) algum conhecimento de partida que lhes permita compreender os objectivos da investigação; 2) algumas capacidades laboratoriais e técnicas básicas que os auxiliem na realização de determinadas operações laboratoriais; 3) o que designa por "experimental flair"; 4) componentes de ordem afectiva que envolvem a confiança, empenho e determinação. Como ele próprio afirma, é difícil definir o que se entende por "experimental flair", mas sugere que é algo que está para além da capacidade em planear e realizar um plano experimental de forma organizada e adequada com vista a atingir determinados fins. É um aspecto importante na selecção e implementação das estratégias escolhidas e que poderá considerar-se como um componente significativo do que Polanyi (1958) designa por "conhecimento tácito"⁵⁰: um conhecimento experiencial, não explícito, que envolve sensibilidade, emoções e um saber-fazer ("know how"), derivado da própria experiência das situações e que se utiliza de forma intuitiva na abordagem de novas situações.

⁵⁰ . vidé cap. I. ponto 3.2 da primeira parte.

A este propósito, Popper, partindo do pressuposto de que o nosso conhecimento, assim como o conhecimento científico, se produz e se desenvolve por um processo de conjecturas e de refutações na tentativa de resolução de um problema, salienta que a aprendizagem da resolução de um problema se faz resolvendo o problema: «aprendemos a compreender um problema tentando resolvê-lo e fracassando» (Popper, 1975, p. 173). Deste modo, ressalta a importância da experiência e vivência de trabalhar num problema para a aprendizagem da sua resolução, mas referencia outro aspecto importante para esta aprendizagem e que envolve aquilo que designa por aprendizagem por tentativa e erro. De facto, Popper (1987) distingue estes dois tipos de aprendizagem, referindo que o primeiro tipo, que corresponde a uma aprendizagem por repetição, é importante para tornar inconsciente o nosso próprio saber. Salienta que é através da aprendizagem por ensaio e erro que adquirimos novo saber, que desenvolvemos e reconstruímos o nosso saber.

A realização de uma investigação experimental, através de um processo de resolução de um problema, deve fundamentar-se nos conhecimentos prévios e corresponder aos interesses dos alunos como um pressuposto essencial para que os alunos, por um lado, assumam a investigação como um projecto pessoal e, por outro, compreendam os objectivos e o sentido dessa investigação e os ajudem a tomar decisões informadas sobre as estratégias a adoptar na resolução do problema. Além disso, ressalta a ideia de que é através da experiência de realização de investigações que os alunos adquirem um conhecimento experiencial importante na tomada de decisões e sua implementação, bem como ensaiando tentativas na procura de soluções possíveis para a resolução do problema de partida.

Quanto à natureza do processo de uma investigação experimental, Perez (1986, 1992) refere que o processo de resolução de um problema deve constituir uma abordagem que se aproxime do tratamento científico dos problemas reais. Deve possuir as características de uma "metodologia científica", onde o pensamento divergente desempenha um lugar central na invenção de soluções a título de hipóteses.

O trabalho experimental deve, assim, à luz do corpo de saberes disponível pelo aluno, incluir a possibilidade de emitir hipóteses, desenhar estratégias de resolução/estratégias experimentais e proceder a uma análise cuidadosa dos resultados, aspectos considerados essenciais numa metodologia científica.

Os modelos de resolução de problemas propostos para as investigações práticas são diversos. No entanto, não há grandes diferenças entre eles.

São um conjunto de etapas, descritas com mais ou menos pormenor, que envolvem: a identificação do problema, a planificação da investigação, o prever e fazer observações, o coligir e analisar dados, o comparar, avaliar e o tomar decisões. Este conjunto de etapas não prefiguram um algoritmo prescritivo de um processo, mas tão só a identificação de elementos estruturais considerados pertinentes numa investigação experimental.

Um modelo mais completo de resolução de problemas para as investigações práticas, designado por "problem-solving chain", foi proposto e usado pela "Assessment of Performance Unit" (APU) em Inglaterra (DES, 1984)⁵¹ e que consta das etapas que se seguem :

- Reconhecimento do problema - Etapa de reflexão, cujo objectivo é a interpretação pessoal pelo aluno do problema com que é confrontado (dado pelo professor ou sugerido pelos próprios alunos).

Esta interpretação consiste na conceptualização, na construção de um modelo pessoal pelo aluno que se vai actualizando no decorrer da própria investigação.

Assim, esta fase de conceptualização revela-se da maior importância, não só porque nela confluem os conhecimentos prévios dos alunos, mas também porque irá influenciar o desempenho do aluno em todas as outras fases.

- Transformação do problema- Nesta etapa procede-se à transformação do problema numa forma que seja susceptível de investigação: analisa-se o problema e decide-se quais são os parâmetros relevantes; formulam-se ideias que possam ser testadas e desenvolvidas posteriormente.

Para Perez (1992) é nesta fase que se procede à invenção de conceitos e emissão de hipóteses. É também uma ocasião para que os alunos usem as suas ideias prévias, neste caso, para fazer predições.

- Planificação e desenho da experimentação- Esta etapa exige que se visionem um leque de linhas de investigação e se seleccionem o melhor caminho conducente à solução do problema, bem como os recursos e materiais necessários para a sua concretização.

Perez (1992) sugere a elaboração de estratégias experimentais para a testagem das hipóteses de que se partiu.

⁵¹ . DES (1984) referido por Woolnough e Allsop (1985, p.44); Kempa (1988, p.155); Watts (1992, p.30); Hodson (1992b, p.75); Welford (1992), entre outros.

Na nossa opinião esta etapa, bem como as duas anteriores, constituem um momento de criação por excelência. Para Hodson (1992a), estas três etapas correspondem à "parte pensante" de uma investigação experimental.

- Execução prática da experimentação- Nesta etapa procede-se:
 - à execução do plano experimental fazendo uso de materiais, equipamentos e instrumentos de medida;
 - ao registo de dados e observações, por exemplo em tabelas e gráficos;
 - à interpretação de dados e informações e registo das conclusões.
- Avaliação- Nesta etapa ocorre a avaliação dos resultados e tomada de decisões em relação ao prosseguimento da investigação.

Este momento da avaliação, quer da concepção e desenvolvimento do plano, quer da pertinência e adequação da solução ou soluções obtidas revela-se, na nossa opinião, crucial na tomada de decisões com vista à reformulação e ao desenvolvimento de novas investigações. Em face da análise crítica dos resultados várias decisões são possíveis: desde a conclusão da investigação, por se ter chegado a uma solução adequada, à identificação de novos problemas, a mudanças do desenho de investigação ou, simplesmente, mudança de técnicas experimentais.

Esta etapa de avaliação é, para Perez, sobretudo um momento de confronto dos resultados obtidos pelos vários grupos de alunos e também com o corpo de conhecimentos aceite pela comunidade científica. Entendido deste modo, este momento poderia constituir uma «ocasião de conflito cognoscitivo entre distintas concepções (todas elas consideradas como hipóteses) e obrigar a conceber novas hipóteses» (Perez, 1992, p.17). É, essencialmente, um momento de "formalização".

Também outros autores (Woolnough e Allsop 1985; Kempa, 1988; Perez, 1992; Hodson, 1992a; ...) propõem modelos de resolução de problemas semelhantes ao modelo apresentado.

Mas apesar desta uniformidade de perspectivas em relação à natureza do processo das investigações experimentais, constata-se a existência de posições diversas no que se refere ao tipo de problemas considerados como mais relevantes na abordagem do trabalho experimental.

Esta polémica no campo da ciência escolar parece reflectir o que se passa no campo da epistemologia da ciência. Retrata as diferentes concepções de problema e os tipos de problemas considerados relevantes para o progresso e produção do conhecimento científico, que já tivemos oportunidade de abordar na primeira parte deste trabalho.

1.2.3 - Tipos de problemas e funções das investigações experimentais

Reportando-nos, ainda, ao nível da concepção da natureza da actividade científica, poderemos dizer com Venham (1987) que, numa forma simplificada, os problemas científicos pertencem, essencialmente, a duas categorias básicas conforme a sua relação com a teoria "vigente", enquadrada por um determinado paradigma.

Se o problema pode ser resolvido em termos do paradigma, como acontece no âmbito da actividade "normal" da ciência, então a teoria determina, de algum modo, o curso tomado pela actividade científica: o paradigma sugere uma possível solução e uma estratégia experimental para testar as hipóteses. Neste caso, como salienta Venham (1987), há um fluxo de informação predominantemente num sentido, do paradigma para o problema, que é do tipo "puzzle" de acordo com a designação de Kuhn⁵².

Em contraste, o problema pode apresentar características não explicadas pela teoria paradigmática e, deste modo, gera-se um fluxo de informação nos dois sentidos, ou seja, entre o problema e a teoria. Nestas circunstâncias, o paradigma não pode garantir a possibilidade de solução e pode, inclusivamente, ser modificado como resultado da sua solução. Este tipo de problema está mais consonante com a posição de Popper, que considera como problemas "genuínos" aqueles que mudam a "rotina", ou seja, que põem a teoria corrente em causa (Venham, 1987).

Esta distinção que Venham faz entre os problemas científicos é particularmente útil para a análise, no campo da ciência escolar, do tipo de problemas considerados pertinentes para uma abordagem pelo trabalho experimental.

Assim, adoptando a posição de Popper (para quem os problemas resultam da tensão entre o saber e o não-saber, da detecção de contradições) o trabalho experimental, enquanto actividade de resolução de problemas, partirá de conjecturas, de hipóteses sobre as razões dessas contradições, que tentará comprovar ou infirmar através de um plano experimental. Neste processo de resolução de um problema, Popper (1975) destaca como actividades fundamentais: 1) conhecer melhor o problema compreendendo as suas dificuldades, ou seja, compreender porque é que as soluções mais óbvias não funcionam. Deste modo, a compreensão do problema envolve a capacidade criativa de formular conjecturas sobre as soluções desse problema e a sua crítica a fim de produzir cada vez melhores soluções; 2) discutir e criticar a solução experimental encontrada

⁵² . vidé ponto 3.2 da primeira parte.

para esse problema, no seio da comunidade científica, a fim de se detectar nela uma brecha e refutá-la. Mesmo que esta solução seja refutada, todo este processo contribuiu para uma melhor compreensão do problema e, portanto, constituiu um processo de aprendizagem.

Giordan (1978a), seguindo Popper, salienta que, neste caso, a solução do problema é construída progressivamente, à custa de hipóteses falsas, sucessivamente corrigidas.

Neste contexto, conduzir uma investigação experimental é saber passar de uma 1ª hipótese- ideia de qualquer coisa possível, a uma 2ª hipótese pela experimentação. O que é importante é a dialéctica factos/hipóteses, é o papel contestatário que a experiência joga em relação à teoria (Giordan, 1978a).

O trabalho experimental seria, assim, encarado como um processo de conjecturas e refutações, que teria como função o tentar provar a falsidade de uma "teoria" por predição, observação e experimentação e avaliação crítica dos resultados obtidos (solução experimental) face às conjecturas formuladas e identificação de novos problemas.

Se, pelo contrário, os problemas se assemelham mais a "puzzles", no sentido que Kuhn lhes atribui, o trabalho experimental terá como função primordial ampliar e consolidar um determinado conhecimento, ou seja, investigar as suas aplicações práticas. Não tem por objectivo pôr em questão a "teoria" dominante, ou seja, as ideias aceites pelo grupo-turma que neste caso coincidiriam com as ideias aceites pela comunidade científica. Neste contexto, os problemas a privilegiar nas investigações experimentais seriam, de acordo com a tipologia de problemas⁵³ que Kuhn (1983) identifica como os mais usuais no âmbito da actividade "normal" da ciência, aqueles que visam o refinamento de conceitos, a quantificação de relações conceptuais e, a aplicação de conceitos e leis ao estudo de determinados fenómenos, bem como a exploração dos seus limites de aplicabilidade a outros fenómenos.

Se considerarmos como pertinentes estes dois tipos de problemas afigura-se-nos necessário, para uma melhor compreensão da natureza do processo do trabalho experimental, questionar sob que condições é que uma situação-problemática pode ser considerada como um problema ou como um "puzzle" e quem a define como tal.

Para Garret (1986), considerar uma situação de partida como um problema ou como um puzzle depende do sujeito que se confronta com essa situação.

⁵³ .vidé capítulo 2. ponto 2 da primeira parte.

Com efeito, decorrente da concepção de problema de que partimos, uma situação, uma questão só constitui um problema se for sentida como um desafio pessoal, se traduzir numa dificuldade que o aluno sente necessidade de resolver.

Subsiste, contudo, a questão sobre que factores poderão influenciar a representação da situação pelo aluno, como um problema ou como um puzzle:

- Poderão as concepções prévias dos alunos, as suas visões próprias do mundo, ser consideradas como um "paradigma", em relação ao qual poderão encarar uma situação como um problema ou como um puzzle?
- De que modo é que os saberes dos alunos, as suas experiências anteriores, a sua personalidade e outras componentes não-cognitivas interagirão com a representação do problema e a invenção do plano que pode conduzir à sua solução?

Por outro lado:

- Poderão os problemas (do 1º tipo) surgir a partir da detecção, pelos alunos, de contradições no seu próprio saber?
- Poderá o trabalho experimental, enquanto processo privilegiado de refutação de teorias, conjecturas falsas, contribuir para a tomada de consciência pelo aluno dos seus modelos e o confronto com situações que provoquem um conflito, uma ruptura no sentido da mudança? E, neste sentido, facilitar a (re)construção do conhecimento científico pelo aluno?

Estas são algumas das questões que poderão ajudar a melhor compreender a natureza do processo das investigações experimentais e como poderão estas contribuir para a reestruturação progressiva das suas compreensões, com vista à aprendizagem do conhecimento científico.

Relacionada com esta problemática está a questão da relação ou tipo de articulação que é possível estabelecer entre os conteúdos científicos e o trabalho experimental. Mais concretamente, levanta-se a questão da relação entre a teoria e a prática: deverá a actividade de resolução de problemas pressupor a compreensão dos conceitos subjacentes ao problema de que se parte?

Se se admitir, de acordo com Hodson, que «a experimentação é parte da construção da teoria» (Hodson, 1993, p.115) o tipo de experiências a realizar depende do nível conceptual atingido. Neste sentido, o ponto de partida da experimentação é, como já referimos anteriormente, uma certa especulação teórica. No entanto, isto não pressupõe que todas as experiências se tenham de desenvolver num contexto conceptual muito elaborado e bem definido; pode haver experiências, como salienta Hodson (1993), que

apenas servem para ver o que é que acontece, em que não tem que haver uma definição muito precisa da hipótese a testar. Segundo este autor, a história da ciência fornece muitos exemplos deste tipo de experiências, que designa por experiências "pré-teóricas", no sentido de que são fracamente orientadas pela teoria, e que constituem tentativas para estabelecer conceitos e estimular o desenvolvimento teórico.

A este propósito, Swatton (1990) salienta que é nas investigações experimentais que mais claramente se expressa a inter-relação entre processos e conteúdos. Neste contexto, considera que os processos científicos⁵⁴ devem ser vistos não apenas como ferramentas intelectuais a serem aplicadas na investigação de um conceito específico mas, sobretudo, que esta compreensão processual é desenvolvida em íntima relação com a compreensão conceptual. Nesta linha de pensamento argumenta que seria absurdo esperar que os alunos compreendessem todos os conceitos formais envolvidos numa determinada investigação para que a pudessem realizar; o conhecimento conceptual e processual que os alunos possuem à partida são postos em jogo e desenvolvidos no decurso da realização da investigação.

Das perspectivas destes dois autores ressaltam duas ideias fundamentais sobre a relação teoria/prática na realização das investigações experimentais: por um lado, as investigações experimentais ocorrem sempre num determinado contexto conceptual, que pode não envolver a compreensão de todos os conceitos formais envolvidos; por outro lado, sugerem que as ideias e experiências anteriores dos alunos, o conhecimento conceptual e processual que possuem num determinado momento, podem constituir um "paradigma" de referência pertinente para o envolvimento dos alunos numa investigação experimental que, neste sentido, pode contribuir para a sua exploração e aprofundamento.

Contudo, os problemas e o processo de resolução de problemas podem ser olhados segundo um outro prisma.

Woolnough e Allsop (1985), embora admitindo que as investigações têm características comuns (as inerentes a uma actividade de resolução de problemas⁵⁵) afirmam que nem todas as estratégias de resolução de problemas dependem da

⁵⁴ Swatton (1990, p.21), refere-se aos processos científicos de planificação, hipotetização, predição, desenho e desenvolvimento de investigações, interpretação, elaboração de inferências e comunicação, não como meros elementos de um "método científico", mas como elementos que na sua globalidade constituem o que designa por conhecimento processual.

⁵⁵ Como se referiu no ponto 1.2.2 deste capítulo, estes autores também propõem um modelo de resolução de problemas semelhante ao modelo aí referenciado, proposto por APU (1984).

compreensão dos conceitos subjacentes. Realçam, pelo contrário, a importância do conhecimento tácito adquirido através da experiência directa de diversos efeitos científicos, propriedades e fenómenos. Através deste conhecimento de "primeira-mão" dos materiais e fenómenos, da aquisição de um "sentido" -"feel"- dos fenómenos,⁵⁶ o aluno saberá que materiais usar e que linhas estratégicas funcionam na resolução de um determinado problema.

Estes autores na linha de Polanyi (que atribui um papel de realce ao nível experiencial da ciência na educação do cientista (Martin *et al*, 1990)) consideram imprescindível a vivência da actividade de resolução de problemas para o desenvolvimento de capacidades de "problem-solving"- finalidade da educação em ciência a que atribuem a maior relevância.

Os problemas não têm que ter uma relação directa com a teoria, com qualquer conteúdo específico, o que pode originar um efeito perverso, exercendo constrangimentos sobre o próprio processo de resolução de problemas: «...trabalhar no quadro de uma estrutura teórica estante pode ser limitante e restritiva» (Woolnough e Allsop, 1985, p.44).

Pelo contrário, para estes autores, os problemas que suscitam maior originalidade, maior criatividade, são os que incidem sobre a realidade envolvente dos alunos, devendo, de preferência, ser propostos por estes⁵⁷.

O trabalho experimental, desenvolvido a partir deste tipo de problemas, visaria, sobretudo, a vivência pelos alunos das diversas fases do processo de resolução de problemas, a fim de promover uma melhor compreensão da natureza da actividade científica e desenvolver «o hábito de trabalhar como um cientista resolvidor de problemas» (Woolnough e Allsop, 1985, p.76). Isto contrasta com os objectivos que

⁵⁶ . Woolnough e Allsop consideram que adquirir um sentido dos fenómenos é diferente de adquirir a compreensão da teoria subjacente ao fenómeno. Através da experiência ganhar-se-á, na opinião destes autores, um "sentido para" ou uma "consciência de" um fenómeno: «... "get a feel for" or an "awareness of" phenomena» (Woolnough e Allsop, 1985, p.33). Este "sentido" pode, na opinião destes autores, ser adquirido através dos sentidos (órgãos dos sentidos) ou através de instrumentos. Referem, assim, a necessidade do aluno "sentir" a força de um elástico quando o estica ou ver e cheirar um gás que se está a produzir (pp.45-46), através da realização de actividades experimentais, que designam por "experiências" e que já foram referidas no cap. 2, ponto 1.1.1.

⁵⁷ . Dentre os vários exemplos de problemas que podem ser abordados sem a compreensão dos conceitos subjacentes, e que Woolnough e Allsop apresentam, referem-se com carácter ilustrativo, os seguintes: «Investigar os factores que levam um guarda-chuva a cair de uma forma controlada», ou, «como evitar perdas de calor de uma chávena de café» ou, ainda, «investigar a composição do solo à volta da escola» (Woolnough e Allsop 1985, p. 52).

parecem relevar das investigações experimentais decorrentes dos tipos de problemas anteriormente referidos.

Em síntese, estas posições, aqui referenciadas, relativamente ao tipo de problemas a privilegiar numa investigação experimental, prefiguram uma polémica, actual, sobre a articulação que deve ou não existir entre a teoria e o trabalho experimental, onde é possível identificar dois campos: por um lado os que consideram que o trabalho experimental se deve desenvolver, sobretudo, a partir de problemas de foro doméstico ou tecnológico sem ligação a qualquer conteúdo específico (por ex. Woolnough e Allsop, 1985; Kempa, 1988), por outro, os que privilegiam a resolução de problemas no âmbito de um quadro conceptual (Hodson, 1985; Hofstein e Lunetta, 1982; Lunetta, 1992; Perez, 1992; Giordan, 1978a, entre outros).

A este respeito Hodson (1985) é categórico. Na sua opinião, são sobretudo os conceitos que informam e determinam os processos, mais do que os conceitos a derivarem dos processos. Partindo deste pressuposto, afirma que não há actividades de "problem-solving" em ciência que sejam independentes do conteúdo, embora reconheça a importância do "conhecimento tácito" no seu desenvolvimento. Swatton (1990) vai ainda mais longe quando afirma que a inter-relação entre conteúdos e processos só é claramente expressa através de actividades práticas investigativas, inter-relação que considera crucial para a aprendizagem da ciência.

Todavia se considerarmos, como Hodson, que o "método científico", tal como o conhecimento que produz, muda e se desenvolve, que não há um método da ciência que seja aplicável a todas as situações, não deverá o trabalho experimental reflectir e integrar esta diversidade de abordagens, e não cair em "exclusivismos" conducentes ao "método", único, "sacrossanto", acima de qualquer suspeita? A sua "riqueza" não estará, precisamente, na multiplicidade/variedade de objectivos que poderão ser atingidos pela coexistência destas diversas abordagens?

Olhado deste modo, o trabalho experimental, enquanto investigação prática, ligado directamente ou não aos conteúdos a serem estudados, permitirá que os alunos resolvam problemas, pesquisem, experimentem e trabalhem as possíveis soluções- actividades consideradas relevantes para a educação científica dos jovens. Parafraseando Popper diríamos que em todos os casos, sem excepção, «é a natureza e a qualidade do problema -juntamente com a ousadia e a especificidade da solução proposta- que determinam o mérito ou não do trabalho científico» (Popper, 1992, p.73).

Associada a esta questão da natureza e da qualidade do problema de partida, bem como ao grau de envolvimento dos alunos, é possível identificar vários tipos de investigações experimentais, a que correspondem diferentes características.

1.2.4 - Características e tipos de actividades de natureza investigativa

Em termos gerais pode dizer-se, seguindo Lock (1990), que uma investigação experimental envolve pesquisa e exploração de uma ou mais soluções experimentais para um determinado problema.

Todavia, mesmo aceitando esta tentativa de definição, é possível identificar diferentes características das investigações conforme o grau de abertura da actividade, o que pode ser útil se se tiver em atenção a importância da sua adequação aos conhecimentos e experiências prévias dos alunos, bem como aos seus interesses.

O grau de abertura das investigações está, de acordo com Lock (1990), relacionado, sobretudo, com a definição do problema e o nível de controle que o professor e alunos têm sobre os vários elementos estruturantes de uma investigação experimental.

Quanto à definição do problema, há vários aspectos que influem sobre as características das investigações e que se prendem com quem define o problema, para que serve o problema e qual o seu nível de abertura. Segundo este autor, ser o professor, ou os alunos, ou ambos a definir o problema tem um efeito significativo sobre a natureza do trabalho a desenvolver e até sobre o nível de envolvimento e de empenho dos alunos nesse trabalho. Do mesmo modo, ter-se-ão investigações de cariz diferente conforme o problema é algo de que se conhece a solução à partida, ou se desconhece qual ou quais são as soluções aceitáveis, o que pressupõe, no último caso, o envolvimento do professor e alunos na pesquisa da sua solução. Outro aspecto tem a ver com o número de potenciais soluções que existem para o problema, o que está relacionado com o tipo de problema e o modo como ele é apresentado. Assim, a abertura de um problema é tanto maior quanto maior for o número de soluções que admite e, portanto, menor for o nível de especificação das variáveis em jogo e de informação contida no enunciado do problema.

Atendendo a estas características dos problemas é possível definir um "continuum" de abertura das investigações, desde as que possuem uma natureza mais fechada, mais prescritiva, até às de natureza mais aberta, com um carácter mais exploratório.

No que se refere ao nível de controle do professor e alunos sobre os vários aspectos de desenvolvimento de uma investigação, Lock identifica como actividades mais fechadas aquelas que estão centradas no professor e, como actividades mais abertas as centradas nos alunos, nomeadamente, no que se refere à iniciativa de planificação e de selecção das estratégias experimentais e, à avaliação e interpretação dos resultados, bem como à definição do problema.

Neste contexto, Lock, fazendo interagir estes vários factores, definiu um modelo de análise das actividades experimentais relativamente ao seu grau de abertura e nível de participação dos alunos na sua concepção, realização e conclusão. Assim, tomando em consideração diversos elementos caracterizadores das actividades experimentais -área de interesse, definição do problema, planificação das estratégias experimentais, determinação da estratégia a usar, realização experimental, recolha de dados e avaliação/interpretação dos resultados- sugere diversas situações experimentais a que correspondem diferentes níveis de abertura, que se sintetizam no quadro a seguir indicado ⁵⁸ :

Elementos estruturais	Tipos de actividades experimentais em função do nível de controle do professor (P)/alunos (A) sobre os elementos envolvidos						
	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)
Área de interesse	P	P	P	P	P	P	A
Definição do problema	P	P	P	P	P	A	A
Planificação	P	P	A	A	A	A	A
Determinação da estratégia	P	P	P	A	A	A	A
Realização experimental	P/A	A	A	A	A	A	A
Recolha de dados	P	A	A	A	A	A	A
Avaliação /Interpretação dos resultados	P	P	P	P	A	A	A

Quadro I

Analisando o quadro I, constata-se que as situações (1) e (2) traduzem actividades experimentais fechadas e prescritivas e as situações (3), (4), (5), (6) e (7) correspondem a actividades experimentais mais abertas que, de acordo como Lock, traduzem actividades de natureza investigativa com níveis de abertura crescente.

As situações (1) e (2) são actividades de demonstração e de verificação experimental que, de acordo com a caracterização atrás feita ⁵⁹, são actividades centradas no

⁵⁸ O quadro que se apresenta é uma adaptação de um outro referido por Lock (1990, p.67).

⁵⁹ . vidé cap. 2, ponto 1.1.1 da segunda parte.

professor, em que a acção dos alunos se limita à execução de um procedimento experimental fornecido pelo professor, e que visam sobretudo corroborar ou provar uma teoria já ensinada. Segundo Lock, a situação (2) pode também descrever algumas actividades de descoberta-orientada.

As situações (3) e (4) podem ser consideradas actividades de natureza investigativa, pois são os alunos que, face ao problema posto pelo professor, se envolvem na sua resolução, procurando compreender o problema e conceber e executar um plano experimental com vista à pesquisa da solução experimental para o problema dado. Nestes dois tipos de actividades o professor assume um papel relevante na avaliação e interpretação dos resultados, podendo ocorrer, no entanto, duas situações: ser apenas o professor a fazer a interpretação e avaliação, ou estas serem feitas em colaboração com os alunos. A diferença entre a situação (3) e (4) pode corresponder ao facto do professor intervir, no caso da situação (3), na determinação da melhor estratégia a seguir, face à diversidade de estratégias que os alunos planearam, ou disponibilizar apenas determinado material e equipamento que conduz à delimitação das estratégias a usar.

A situação (5) distingue-se da situação (4) pelo facto de serem os alunos a assumirem um papel preponderante na avaliação e interpretação dos resultados.

As situações (6) e (7), que se diferenciam pelo facto de ser o professor a definir a área de interesse ou domínio do problema em (6), são as actividades que traduzem um maior nível de abertura e de envolvimento dos alunos. Estas actividades são as que melhor correspondem ao que tem vindo a ser referido como investigações experimentais, na medida em que propiciam o envolvimento dos alunos na realização de um projecto pessoal para a pesquisa e exploração de um problema que desejem resolver. Neste caso o papel do professor é, sobretudo, como sublinha Lock (1990), o de conselheiro, de consultor e de guia.

Estas situações experimentais não esgotam, contudo, o leque de actividades de natureza investigativa que é possível desenvolver. Para além destas situações, como faz notar Lock, em que se analisou o nível de controle do professor ou dos alunos sobre os vários elementos estruturais considerados, é possível conceber todo um conjunto de outras situações em que, por exemplo, se contemple um controle partilhado entre professor e alunos sobre esses mesmos elementos.

Em síntese pode dizer-se que, da análise das características das actividades experimentais com base no nível de controle de professor e alunos sobre os diversos

elementos que a caracterizam, ressalta a ideia de que é importante criar oportunidades para que os alunos se envolvam em actividades de natureza investigativa onde, a partir dos próprios problemas, possam delinear e desenvolver os seus próprios planos experimentais, interpretar e avaliar criticamente as soluções experimentais obtidas. Como sublinha Lock «não é vital que os professores controlem quaisquer elementos do trabalho prático» (Lock, 1990, p.70), a não ser que se considere que é importante desenvolver determinadas capacidades específicas, ou que haja aspectos relativos a constrangimentos estruturais e falta de equipamento disponível que condicionem o controle por parte do professor sobre alguns dos elementos.

Contudo, a estas diversas situações experimentais podem corresponder diferentes propósitos e objectivos que, de algum modo, justifiquem a sua escolha.

Este aspecto prende-se com uma questão mais geral que é a de se saber quais são as suas potencialidades e limitações, ou melhor, quais são os valores educativos que teóricos e investigadores da educação em ciência reconhecem ao trabalho experimental? Outra questão relacionada com esta tem a ver com o papel e estatuto que o trabalho experimental tem assumido ao longo dos tempos no ensino das ciências, nomeadamente da Física e Química, e que pode vir a assumir no âmbito de uma educação em ciência perspectivada como uma abordagem holística da ciência, através de uma interacção dinâmica entre os conteúdos e os processos científicos.

2 - Valores educativos do trabalho experimental na educação em ciência

A relevância do trabalho experimental, enquanto parte integrante da educação em ciência, é amplamente reconhecida (Kempa, 1988).

A literatura que se debruça sobre as finalidades e objectivos do trabalho experimental é, por essa razão, vasta.

No entanto, existem fortes evidências que sugerem falta de eficácia educativa das actividades práticas, normalmente desenvolvidas no campo da ciência escolar.⁶⁰

O debate relativo aos trabalhos práticos, como salienta Welford, remonta à época em que Todhunter, em 1873, levanta a questão do carácter pouco científico das actividades

⁶⁰ . Apesar dos inúmeros estudos de investigação que se têm desenvolvido, sobretudo nos países anglo-saxónicos, sobre a eficácia educativa das actividades experimentais, em Portugal não se conhece

escolares de experimentação científica. Por sua vez Armstrong, em 1898, defendia a experimentação científica como «a arte de conduzir os alunos a descobrir as coisas por si próprios»(Welford, 1992, p.43). Este debate sobre o papel e estatuto de trabalho experimental na educação em ciência associado ao debate sobre os valores educativos continua, ainda hoje, na ordem do dia.

2.1 - Utilização do trabalho experimental ao longo dos tempos

Welford (1992) identifica dois períodos paradigmáticos dos trabalhos práticos: o período compreendido entre a 1ª guerra mundial e os anos 50, e o período relativo aos anos 60 e 70, em resultado de reformas educativas que ocorreram no ensino das ciências.

No primeiro destes períodos, a relevância do trabalho experimental deve-se, segundo Layton (1990)⁶¹, aos pioneiros do ensino da Química que, em meados do século dezanove, argumentavam que por essa via os alunos aprenderiam a aprender. Posteriormente este argumento foi adoptado pela Física e pela Biologia. Contudo, Lock (1988), tal como Welford (1992), referem que, na prática, os trabalhos práticos neste período tinham fundamentalmente um papel de suporte da teoria, um papel de confirmação da teoria já ensinada, sendo as demonstrações as actividades privilegiadas. Tal ideia estava de acordo com a concepção de ciência dominante na época, em que a ciência era considerada essencialmente um corpo de conhecimentos. Jenkins (1989) coloca a hipótese do predomínio das demonstrações neste período se dever à influência das conferências "lectures"- dadas por Davy e Faraday no início do século, na Royal Institution, em Londres.

No fim do século dezanove, devido fundamentalmente ao contributo de Armstrong, verifica-se uma mudança nos fundamentos do trabalho prático: a sua justificação em termos de treino do método científico substitui a ênfase no desenvolvimento de capacidades de aprendizagem transferíveis para outras áreas do conhecimento (Jenkins, 1989). Em 1898, Armstrong defendia que era necessário "fazer ciência" para "compreender a ciência": «uma vez adquiridos os métodos de investigação experimental, eles devem ser usados continuamente nas aulas de ciência subsequentes para "descobrir"

nenhum trabalho de investigação neste campo, talvez pela fraca representatividade que o ensino experimental tem.

⁶¹ . cit. in Hodson (1993).

a informação que outros foram obrigados a adquirir por repetição e demonstração»⁶². Contudo, como referencia Jenkins (1989), em 1908, quando o método heurístico de Armstrong estava fortemente implementado, nomeadamente no ensino da Química, os seus pressupostos começaram a ser questionados pela própria comunidade científica que, face aos recentes desenvolvimentos ocorridos na Física com a teoria da relatividade e teoria quântica, punham em causa a ideia de ciência como uma acumulação de conhecimentos e a ideia consensual sobre a existência de um método científico.

Face a esta situação, em 1917, a British Association questiona a utilização de tal heurisma, argumentando que não há um método que possa ser visto como algo à parte dos conhecimentos científicos: «o método científico é uma abstracção que não existe à parte dos seus contextos concretos» (BAAS, 1918, p.134)⁶³.

Atribui-se igualmente este descrédito a uma mudança nas finalidades da educação em ciência e ao surgimento de vários relatórios⁶⁴ que põem em causa o trabalho laboratorial individual que, por ser repetitivo, é considerado uma perda de tempo, dando novamente lugar à preponderância das demonstrações feitas pelos professores.

Este debate sobre os méritos relativos das demonstrações e do trabalho prático individual ocorreu até aos anos 50/60 (Woolnough e Allsop, 1985).

No segundo período, com as reformas curriculares que ocorreram nos anos 60/70 (BSCS; PSSC; CHEM Study e outros) verifica-se uma reconceptualização do trabalho prático, emergente dos contributos da psicologia da aprendizagem e da filosofia da ciência. É também a necessidade imperiosa de formar cientistas qualificados que cria, na perspectiva de Jenkins (1989), um clima que propicia um retorno à valorização do treino na utilização do "método científico" como um objectivo curricular fundamental, ou seja, um retorno ao heurisma de Armstrong, suportado por referências explícitas à aprendizagem por "descoberta". Nestes currícula o laboratório assume um papel central: «não é apenas um lugar para demonstração e confirmação, mas o coração do processo de aprendizagem» (Shulman e Tamir, 1973)⁶⁵. Na prática, tanto em Inglaterra, como

⁶² . cit. in Hodson (1993, p.86). Hodson refere ainda que o heurisma de Armstrong, foi publicado em 1898, como "The heuristic method of teaching or The art of making children discover things for themselves".

⁶³ . cit. in Jenkins (1989, p.33).

⁶⁴ . Hodson (1993, p.86) refere os seguintes relatórios: Thompson Report's (1918); a edição de 1927 de Board of Education's Handbook of Suggestions; Board of Education, Pamphlet, nº89, 1932, e Spens Report (1938), que defendem a reposição das demonstrações pelo professor em alternativa ao trabalho prático individual que consideram ser repetitivo e uma perda de tempo.

⁶⁵ . cit. in Hodson (1993, p.87).

nos EUA e outros países, como refere Hodson (1993), seguindo De Boer, as actividades laboratoriais não passaram de exercícios de prática confirmatória (verificações) e de tarefas formais de observação.

Actualmente, dado o acumular de críticas e de disfuncionamentos associados às práticas actuais de trabalho experimental, que se caracterizam fundamentalmente por uma miscelânea dos formatos anteriormente descritos, parece plausível considerar que estamos a viver um período de crise paradigmática em que se procura proceder a uma reconceptualização do trabalho experimental à luz da epistemologia construtivista. Neste contexto, as investigações experimentais concebidas como actividades de resolução de problemas emergem como uma concepção alternativa às concepções correntes de trabalho experimental. De igual modo se tem procurado fazer uma reavaliação do papel e estatuto das várias modalidades de trabalho experimental à luz desse quadro de referência.

2.2 -Papel do trabalho experimental na educação em ciência

Apesar da maior parte dos estudos de investigação que têm incidido sobre a eficácia do trabalho experimental se basearem em estudos experimentais, que segundo Hofstein e Lunetta (1982) utilizaram instrumentos de testagem inadequados, havendo, portanto, poucos estudos de natureza compreensiva, como sublinham Gallagher (1987) e Hegarty-Hazel (1990)⁶⁶, existem diversos dados de investigação que incidem sobre os objectivos que são normalmente referenciados para as actividades práticas tradicionais e que põem em causa o seu grau de consecução.

⁶⁶ . Gallagher (1987) e Hegarty-Hazel (1990) são referidos por Fraser *et al* (1993).

2.2.1 - Perspectivas correntes sobre os objectivos do trabalho experimental

De acordo com Woolnough e Allsop (1985), é possível sintetizar os objectivos normalmente atribuídos às actividades experimentais em quatro domínios principais: 1) relativos a factores motivacionais; 2) relativos ao desenvolvimento de capacidades e técnicas experimentais; 3) relativos à aprendizagem da abordagem científica -"ser um cientista por um dia"; 4) relativos a uma melhor compreensão dos aspectos teóricos.

Ainda de acordo com Woolnough e Allsop (1985), neste conjunto de objectivos está pressuposto, por um lado, que o trabalho prático promove o interesse e a motivação dos alunos pelas aulas de ciências e, por outro, que os alunos, ao realizarem o trabalho experimental de uma maneira científica, aprendem a agir como um cientista e a adquirir a abordagem científica. Por último, reconhece-se que o trabalho do cientista requer "fazer experiências" e, para que o possa fazer com sucesso, são necessárias determinadas capacidades e técnicas.

Dos dados de investigação e de análises críticas de vários autores destacam-se algumas pela sua pertinência.

Por exemplo a APU (Assessment Performance Unit), numa investigação sobre a "performance" de diversas capacidades práticas de alunos do ensino secundário, em Inglaterra, recolheram dados que sugerem que esses alunos (com 13 e 15 anos) não desenvolveram completamente essas capacidades⁶⁷.

A este propósito, Toothacker (1983) faz notar que os alunos envolvidos em actividades práticas não aprendem necessariamente capacidades laboratoriais básicas⁶⁸.

Também Woolnough e Allsop (1985) consideram que os alunos não desenvolvem estas capacidades "en passant", através de actividades práticas dominadas pelo conteúdo; os alunos, neste tipo de trabalhos, estão demasiado envolvidos na obtenção da "resposta certa" para se preocuparem em desenvolver as suas capacidades. Na sua opinião é necessário um ensino explícito dessas capacidades, nomeadamente através dos "exercícios práticos"⁶⁹.

⁶⁷ . cit. in Woolnough e Allsop (1985, p.9).

⁶⁸ .Também outros investigadores como Brown nos Estados Unidos e Aspens, na Grã-bretanha recolheram dados de investigação que corroboram a afirmação de Toothacker. Estes autores são referidos em Woolnough e Allsop (1985, p.9).

⁶⁹ . vidé cap.2. ponto 1.1.1 da segunda parte. em que se faz uma breve referência aos "exercícios práticos". propostos por Woolnough e Allsop (1985).

Por outro lado, é questionável se o trabalho prático que tem sido desenvolvido permite aumentar o interesse e a motivação dos alunos pelas aulas de ciência.

São vários os estudos que referem que nem todos os alunos acham as actividades práticas interessantes e motivadoras. Os seus interesses de exploração pessoal são, normalmente, substituídos pelas experiências que interessam ao professor.

Por exemplo, numa investigação conduzida por Lederman e O'Malley (1990), os alunos, referindo-se às actividades laboratoriais, afirmam que "são sempre o mesmo": parecem vê-las como exercícios tipo "receita de livro de cozinha"- "cook book exercises", com poucas oportunidades para tirarem conclusões e fazerem interpretações alternativas.

Outros autores como Arzi *et al* (1984), Denny e Chennell (1986), Hofstein e Lunetta (1982)⁷⁰ referem que, contrariamente às expectativas dos professores, o trabalho prático nem sempre contribui para a motivação dos alunos pela ciência.

Hodson (1990) salienta, por outro lado, que está bem documentado o decréscimo do entusiasmo dos alunos pelo trabalho prático ao longo do seu trajecto escolar. Atribui esta situação ao nível crescente de estruturação das actividades práticas pois, como refere, enquanto os mais jovens realizam muitas vezes investigações não estruturadas, exige-se aos mais velhos a realização de exercícios práticos altamente estruturados. A motivação, segundo este autor, depende em parte do estímulo do interesse e curiosidade dos alunos e, como tal, varia com o seu nível etário. Neste sentido, seguindo Kreitler e Kreitler (1974), há quatro tipos principais de curiosidade, em que cada um é característico de um determinado nível cognitivo: "manipulativo", "perceptual", "conceptual" e "curiosidade em relação ao complexo, ambíguo e diferente".

Assim, e se se admite que o trabalho prático serve para motivar os alunos, então este deve estimular a curiosidade adequada, pelo que tem que se ter em atenção que se os alunos mais novos podem ser estimulados pela simples manipulação de materiais ou através da observação, a motivação dos alunos mais velhos requer um estímulo cognitivo como «a exploração de ideias, a investigação de inconsistências ou a confrontação de problemas» (Hodson, 1990, p.35), aspectos que não são normalmente tidos em conta nas práticas habituais.

Deste modo, pode dizer-se que é irrealístico pensar que os alunos são motivados através das mesmas coisas ou que a motivação existe pelo simples facto dos alunos

⁷⁰ . Estes autores são referidos por Hodson (1990, p.34).

realizarem trabalho prático. O empenhamento e interesse dos alunos surge na perspectiva de Hodson, através da personalização -"personalizing"- da experiência: «clarificando os aspectos conceptuais da experiência, identificando por si próprios um problema que seja interessante e que mereça ser investigado, ou, concebendo ("designing") o procedimento a ser adoptado» (Hodson, 1990, p.35)

Põe-se, ainda, em causa se as práticas habituais de trabalho experimental são uma forma eficaz de aumentar a compreensão teórica dos alunos.

A APU (1984) concluiu, com base nas suas investigações, que «apesar da orientação dos cursos de ciência para o ensino do conteúdo, os resultados de testes de aplicação de conceitos de ciência indicam que apenas uma minoria de alunos, com 15 anos de idade, foi capaz de usar alguns dos conceitos científicos mais básicos» (Woolnough e Allsop, 1985, p.190)⁷¹ .

Ausubel (1963) questiona, a este respeito, o interesse do "método de descoberta" do seguinte modo: «será uma técnica adequada para transmitir o conteúdo substantivo de uma disciplina intelectual ou científica a alunos cognitivamente maduros, que já tenham dominado os seus rudimentos e vocabulário básico?»⁷² .

Como salientam Hodson e Reid (1988b), as práticas actuais de trabalho experimental, em que os alunos passam a maior parte do tempo a seguir "receitas", sem saberem muito bem o que é que estão a fazer ou, por que é que estão a fazer, pouco contribuem para que os alunos aprendam ciência ("learning of science") ou aprendam acerca da ciência ("learning about science").

Em conclusão, pode dizer-se que é questionável a actual lógica e organização do trabalho experimental, bem como o seu valor educativo.

São várias as razões que se atribuem a esta situação.

Para Woolnough e Allsop (1985), a persistente ligação da teoria à prática, em que a prática é subserviente da teoria, é, na sua opinião, o "calcanhar de Aquiles" do trabalho prático.

De facto, como razão principal para a realização de trabalho experimental, é normalmente apontada a sua necessidade para servir de suporte da teoria. Assim preconiza-se a realização de trabalho experimental para "verificar a teoria", "descobrir a

⁷¹ . cit.in Woolnough e Allsop, (1985, p.12).

⁷² . Ausubel (1963. p.144) cit.in Woolnough e Allsop (1985).

teoria" ou "ilustrar a teoria", isto é, para servir de suporte ao desenvolvimento teórico. Justifica-se a sua utilização argumentando-se que o trabalho experimental permite aumentar quer a memorização, quer a compreensão da teoria subjacente.

Para Woolnough e Allsop (1985), essa acoplagem profunda entre a teoria e a prática tem um efeito perverso quer na qualidade do trabalho experimental realizado quer nas compreensões teóricas adquiridas pelos alunos.

Adopta-se como lema, o ditado chinês: «ouço e esqueço, vejo e recorde, faço e compreendo» (Driver, 1983, p.9).

Parecem estar aqui subjacentes noções que são sede de alguma confusão sobre o sentido que se lhe deve atribuir, como as noções de "activismo" e de "cientismo".

É frequente associar ao trabalho experimental a noção de activismo, ou seja, pelo facto dos alunos estarem fisicamente envolvidos numa actividade, considera-se que eles aprendem melhor.

De acordo com Kubli (1979) «...é uma ilusão acreditar que a acção, ainda que levada a cabo pelos alunos, contém em si mesmo o poder de produzir conhecimento»⁷³.

Driver (1983) refere, a este propósito, que o "slogan" acima referido se transforma em muitas salas de aula num outro: "Eu faço e ainda fico mais confuso".

Esta ideia de ineficácia educativa das práticas habituais de trabalho experimental pode ser melhor compreendida se se atender à apreciação que Moreira (1980) faz sobre a actividade dos alunos nas aulas práticas, tomando como base um estudo que realizou nas escolas secundárias inglesas. Nele constatou que a maioria das vezes os alunos «realizam experiências apenas com uma ideia muito rudimentar do que estão a fazer, em que virtualmente não compreendem o propósito da experiência ou as razões para a escolha do procedimento e com pouca compreensão dos conceitos subjacentes»⁷⁴.

Assim, tudo parece indicar que a acção dos alunos se limita fundamentalmente a seguir "receitas", pelo que não é de estranhar que se considerem estas actividades experimentais como actividades pouco produtivas, ou até contra-produtivas e confusas, como sublinha Hodson (1990).

Por outro lado, atribui-se ao trabalho experimental um carácter de "cientismo", nomeadamente no designado método da descoberta.

⁷³ . Kubli (1979) cit. in Cachapuz *et al.*, (1989a, p.25).

⁷⁴ . Moreira (1980) cit. in Hodson, 1990, p.36.

Considera-se que uma pretensa correspondência com a fase experimental da investigação científica conduziria os alunos à formação dos conceitos (Cachapuz *et al.*, 1989a). Trata-se, para estes autores, de uma mera expressão de operacionalismo pedagógico que nada tem a ver com o processo de construção do conhecimento pelo sujeito. Cachapuz *et al.* referem, ainda, que esta pretensão de cientismo do método da descoberta, baseado no empirismo, é falaciosa, já que a descoberta científica exige sólidos conhecimentos prévios.

Para Hodson e Reid esta pretensão de que os alunos podem adquirir -"descobrir"- novos conceitos envolvendo-se em actividades de aprendizagem por descoberta é absurda, já que as observações feitas na ausência de um dado quadro conceptual «não conduzem e não podem conduzir à descoberta, no sentido de novas explicações científicas» (Hodson e Reid, 1988b, p.160).

Esta vontade de cientismo e de activismo das actividades práticas usuais, nomeadamente dos métodos de "descoberta", tem subjacente, como já referimos atrás, pressupostos epistemológicos empiristas-indutivistas e pressupostos psicopedagógicos behavioristas, a que tentaram associar visões progressivas da educação, que atribuíam um papel de realce à actividade do sujeito⁷⁵. Pressupostos sobre os quais tem incidido a maioria das críticas que têm sido feitas, em todo o mundo, sobre a educação em ciência em geral, e o trabalho experimental, em particular.

2.2.2 - (Re)avaliação do papel do trabalho experimental

É num quadro de crise paradigmática, de instabilidade e de avaliação, instalada a partir dos anos 80, que se desencadeia todo um movimento de (re)conceptualização e de (re)avaliação do papel e estatuto do trabalho experimental na educação em ciência e que ainda não terminou.

Exige-se uma compreensão adequada da natureza da ciência e dos processos da ciência, bem como dos processos de construção do conhecimento e de aprendizagem dos alunos, para uma educação em ciência mais efectiva. Também para a (re)conceptualização do trabalho experimental se exige um novo quadro conceptual, que, como temos vindo a referir, deve estar fundamentado em teses e princípios da

⁷⁵ . vidé cap.1, ponto 2 da segunda parte, onde se faz uma breve referência aos pressupostos em que se baseia a aprendizagem por "descoberta".

epistemologia racionalista e em princípios psicopedagógicos decorrentes das teorias construtivistas da aprendizagem.

Mas, como vimos, esta (re)conceptualização do trabalho experimental não é pacífica, pois apesar de haver princípios epistemológicos consensuais, subsistem claras divergências relativamente à natureza da ciência e da actividade científica, de que demos conta na primeira parte deste trabalho. Também já tivemos a oportunidade de analisar de que modo essas divergências se reflectem na conceptualização do trabalho experimental.

Pode dizer-se que a essência dessas divergências assenta na questão problemática da interacção entre a teoria e o trabalho experimental; do estatuto do trabalho experimental no progresso do conhecimento científico, na ciência e no campo da ciência escolar. Divergências que se reflectem, por sua vez, na falta de consenso que se constata sobre o papel e o estatuto do trabalho experimental na educação em ciência, sobre os seus valores educativos.

A partir do reconhecimento, na natureza da ciência, de duas partes integrantes, embora distintas (o conhecimento, o conteúdo e conceitos de ciência e suas interrelações; os processos que um cientista usa no trabalho científico) Woolnough e Allsop (1985) consideram que o ensino da ciência deve englobar estes dois aspectos introduzindo os alunos no corpo de conhecimento científico, que eles podem compreender e apreciar, e também a familiarização dos alunos com a actividade de "problem-solving" do cientista.

Também outros autores, como Swatton (1990) e Hodson (1993), sublinham a importância do ensino das ciências envolver a compreensão dos conceitos e teorias da ciência, bem como a compreensão dos processos através do quais o conhecimento científico progride.

Reconhece-se, assim, como importante para uma educação científica mais adequada, que: 1) os alunos adquiram os hábitos e capacidades de um cientista e aprendam a resolver um problema "cientificamente"; 2) os alunos adquiram um domínio pessoal do conhecimento e teorias científicas que formam o corpo da nossa cultura científica.

Ora, é exactamente na interface entre conteúdos e processos da ciência que se centra a polémica sobre os valores educativos do trabalho experimental, que se traduz, muitas vezes, na questão: o trabalho experimental será uma abordagem adequada quer dos conteúdos, quer dos processos da ciência ?.

Para Woolnough e Allsop (1985), as abordagens necessárias para que os alunos adquiram estes dois aspectos da ciência não são as mesmas e a prática habitual de os

tentar dominar em simultâneo pode conduzir a uma compreensão inadequada de cada um deles. Neste sentido atribuem um papel de realce ao trabalho experimental, como actividade de resolução de problemas, como forma de propiciar aos alunos a vivência dos processos científicos, enquanto que a aquisição do conhecimento científico deve, na sua opinião, ser feita por recurso a estratégias alternativas. Essa vivência dos processos científicos, esse envolvimento dos alunos em investigações práticas permitirá «...desenvolver nos alunos talentos diversos de originalidade, criatividade, independência e, pode, ainda, contribuir para desenvolver aspectos afectivos como auto-realização, autoconfiança, perseverança e empenhamento» (Woolnough e Allsop, 1985, p.53).

Também Ingle e Jennings realçam a importância das investigações práticas na educação em ciência: os alunos «adquirem uma visão mais adequada da natureza da investigação científica e da relação da ciência com a tecnologia, do que, a que obteriam a partir de um curso estruturado que limita a investigação a um "heurisma" cuidadosamente controlado e até forjado».⁷⁶

Woolnough e Allsop (1985), embora atribuam um papel de destaque às actividades de resolução de problemas práticos baseados em situações domésticas ou tecnológicas, sem uma relação directa com a teoria, reconhecem que o trabalho experimental também pode desempenhar um papel importante na compreensão dos conceitos teóricos.

Admitem, com efeito, que há uma interacção importante entre os dois campos, entre as experiências adquiridas pelos alunos ao realizarem trabalho experimental e a compreensão teórica dos conceitos subjacentes, embora considerem ser relevante estabelecer um "modus operandi" para cada um, separadamente.

O trabalho experimental teria, assim, como função investigar, no quadro de um dado conhecimento paradigmático, as aplicações práticas de conteúdos científicos previamente adquiridos, sendo estes utilizados na sugestão e interpretação de soluções mais perceptivas. Argumentam que a aprendizagem e o conhecimento ganho desta forma é, por vezes, muito profundo, na medida em que se torna "personalizado" à volta de um problema pessoal. E, ainda, que a estrutura cognitiva é directamente afectada e modificada, visto que o feedback entre o conhecimento que os alunos possuem, as questões que se levantam e as investigações modificadas continuamente, interagem e conduzem a uma aprendizagem significativa, a uma compreensão mais personalizada dos conceitos subjacentes a essas investigações (Woolnough e Allsop, 1985).

⁷⁶ . Ingle e Jennings (1981) cit.in Woolnough e Allsop (1985, p.55).

O trabalho experimental poderia, deste modo, constituir uma oportunidade para os alunos fazerem "alguma coisa" com a informação e aumentarem a sua compreensão significativamente. Pois, como Osborne e Wittrock dizem, «quando fornecemos informação aos alunos, ou respondemos a uma questão, a nossa explicação pode ajudar os alunos mas isso só pode ajudar ou conduzir a uma nova percepção se os alunos fizerem alguma coisa com a informação. Essa alguma coisa é geração- "generation", o acto de relacionar o conhecimento, lógica e experiência dos alunos a partes da explicação ou afirmação e a construção de significados» (Osborne e Wittrock, 1983).

Está, aqui, pressuposto a importância que as percepções, experiências e pontos de vista dos alunos -os seus conhecimentos prévios- têm como pontos de partida, quer na construção do conhecimento científico quer na concepção e desenvolvimento de investigações experimentais, do trabalho experimental- aspectos cuja relevância tem sido ressaltada por vários autores (Osborne et Wittrock, 1983, 1985; Driver, 1985, Brook, Driver e Johnston , 1989, Perez, 1992).

Nesta perspectiva, as actividades práticas de natureza investigativa e de resolução de problemas podem constituir oportunidades para os alunos trabalharem com base nas suas ideias e concepções e partirem daí «para o reconhecimento de outras perspectivas como úteis e construir concepções novas e funcionais» (Miguéns, 1991, p.42).

Para Hodson e Reid (1988b), a relevância e especificidade do papel do trabalho experimental na educação em ciência, face a outras metodologias, reside na possibilidade dos alunos se envolverem na realização das suas próprias investigações, ou seja, na possibilidade dos alunos usarem os métodos e processos da ciência para investigarem fenómenos e resolverem problemas. Dada a natureza dinâmica das investigações experimentais, em que se processa uma interacção constante entre o pensamento e a acção, pode dizer-se, seguindo Hodson, que as capacidades processuais são «uma parte essencial e crucial do desenvolvimento da compreensão dos alunos» (Hodson, 1992b, p. 72), assim como os conteúdos (conceitos e teorias) são um elemento fundamental na aquisição de capacidades processuais. Deste modo, como salienta Hodson (1992b, 1993), as investigações experimentais, ao propiciarem a utilização pelos alunos das capacidades estratégicas da ciência (como formular hipóteses, inferir, conceber um plano experimental e interpretar resultados, num determinado quadro conceptual com vista à resolução de um problema) contribuem para a exploração e desenvolvimento da compreensão conceptual dos alunos e sua modificação e, portanto,

para a aprendizagem da ciência, bem como para a aprendizagem acerca da ciência e a fazer ciência.

Constata-se, assim, que o trabalho experimental, enquanto actividade de resolução de problemas, poderá desempenhar um papel fundamental na educação em ciência: 1) como um fim em si mesmo, ao desenvolver capacidades de resolução de problemas e de investigação; 2) como um meio de ajudar os alunos a construir significado- "making sense"- dos conceitos teóricos, fundamental com vista à maturação da educação científica; 3) como um meio de propiciar a compreensão da natureza do trabalho científico e de favorecer o desenvolvimento de capacidades e talentos diversos, de ordem cognitiva e afectiva..

Em conclusão, pode dizer-se que as práticas habituais de trabalho experimental, em que se privilegiam as demonstrações, verificações e actividades de "descoberta" e, em que não são criadas oportunidades para que os alunos se envolvam na exploração e manipulação de ideias, mas tão só, na maioria das vezes, para a execução de "receitas" fornecidas pelo professor, são consideradas improdutivas e até confusas.

Deste modo, questionam-se não só os seus fundamentos epistemológicos e pedagógicos, bem como o seu papel e estatuto na educação em ciência, nomeadamente no que se refere às potencialidades educativas e formativas que normalmente lhes são atribuídas, como o desenvolvimento da motivação e atitudes positivas para com a ciência e aprendizagem da ciência, a aprendizagem e compreensão dos conteúdos teóricos, o desenvolvimento de atitudes científicas e de capacidades práticas.

Na tentativa que se tem vindo a desenvolver, principalmente a partir dos anos 80, de (re)conceptualização do trabalho experimental com base em pressupostos que consideram o processo de construção do conhecimento como um processo simultaneamente pessoal e social, e em que se reconhece a teorização e exploração das ideias existentes como os percursos necessários do trabalho experimental, atribui-se às investigações experimentais um papel preponderante na educação em ciência.

Com efeito, pela diversidade de pontos de partida e de processos de desenvolvimento que admitem, pode dizer-se que as investigações experimentais nas aulas de ciências, consideradas como actividades cooperativas de resolução de problemas, permitem alcançar múltiplos objectivos.

Alguns desses objectivos podem sumariar-se da seguinte forma:

- Favorecer a compreensão de certos aspectos da natureza da ciência e a aquisição de atitudes positivas face à ciência (Lunetta, 1991);

- Promover o desenvolvimento intelectual e conceptual e do pensamento criativo (Lunetta, 1991);

- Explorar o alcance e limitações de certos modelos e teorias, testar ideias alternativas experimentalmente e ganhar confiança na sua aplicação (Brook, Driver e Johnston, 1989; Burbules e Linn, 1991);

- Desenvolver competências para trabalhar como um cientista na resolução de problemas e desenvolver a capacidade de realizar investigações científicas genuínas: capacidades de resolução de problemas (Woolnough e Allsop, 1985; Kempa, 1988);

- Desenvolver capacidades de comunicação e de cooperação com os outros (Lunetta, 1991; Hodson e Reid, 1988a);

- Favorecer o desenvolvimento de atitudes como a auto-confiança, a curiosidade intelectual, a tolerância, a abertura de espírito e, ainda, a autonomia e disponibilidade para prever e especular (Hodson e Reid, 1988a);

- Desenvolver capacidades e técnicas científicas básicas, como sejam as capacidades de observação e medida, técnicas apropriadas de manipulação do material e a aquisição de hábitos de tenacidade, honestidade e rigor (Woolnough e Allsop, 1985).

Também outros autores realçam a importância do trabalho experimental na educação científica. É o caso de Ausubel(1968) que atribui às actividades de laboratório um papel importante quer no desenvolvimento de capacidades de resolução de problemas, quer em proporcionar aos alunos uma apreciação dos métodos da ciência.

Apesar do lugar central que é reconhecido a actividades de natureza investigativa na educação em ciência, há outras actividades práticas que têm vindo a ser consideradas relevantes para a aquisição e desenvolvimento de capacidades práticas e técnicas. É o caso dos "exercícios práticos" atrás definidos, e a familiarização dos alunos com os fenómenos científicos e tecnológicos através das designadas "experiências" (Kempa, 1988; Woolnough e Allsop, 1985). Kempa (1988) designa estas e outras capacidades relacionadas como "capacidades componentes", que constituem um pré-requisito para o envolvimento do aluno em investigações experimentais genuínas.

Nesta perspectiva, o desenvolvimento de, por exemplo, capacidades de planeamento, competências manipulativas ou habilidades interpretativas devem ser consideradas como "meios para um fim" e não como fins em si próprios.

Também Woolnough e Allsop (1985) acentuam que a actividade científica como um todo é mais que a soma das partes e, por isso, uma abordagem "atomística" dessas capacidades e técnicas específicas é conducente a um ensino das ciências dominado por

uma série de tarefas desconexas e triviais. O seu real valor educativo dependerá das oportunidades que forem dadas aos alunos de as aplicar, de se envolverem em actividades de resolução de problemas, de utilizarem essas ferramentas básicas no desenvolvimento de investigações.

Apesar desta diversidade possível de actividades práticas, consideramos, tal como Miguéns, o trabalho experimental, encarado como uma actividade de resolução de problemas, como «o verdadeiro, compensador, útil e significativo trabalho prático» (Miguéns, 1991, p.42).

Também outros autores (Woolnough e Allsop, 1985; Kempa, 1988; Lunetta, 1991; e, outros) consideram que as investigações num contexto científico, prático, como actividades de resolução de problemas, devem constituir a abordagem principal do trabalho experimental na educação em ciência.

Todavia, o questionamento e discussão crítica sobre o seu papel (finalidades e objectivos) e sobre as formas que deverá revestir (abordagens e estratégias) é, ainda hoje, pertinente (Kempa, 1988).

Acrescem, ainda, os problemas que subsistem decorrentes dos múltiplos factores em jogo, relacionados quer com os contextos educativos, a natureza do processo, o tipo de problemas, bem como com as variáveis relativas ao sujeito. Como diz Garret (1986), o nosso conhecimento do processo de resolução de problemas e das suas relações com outros factores cognitivos e afectivos é ainda muito rudimentar.

Também Lunetta (1992), chama a atenção para a complexidade das relações entre o trabalho experimental e a aprendizagem dos alunos, não havendo, talvez por isso, dados de investigação que confirmem ou rejeitem essas relações.

O reconhecimento do papel fundamental do trabalho experimental como actividade de resolução de problemas insere-se num reconhecimento mais amplo das actividades de natureza investigativa no ensino/aprendizagem das ciências.

Já em 1985, o "Department of Education and Science" inglês apontava a necessidade de se darem oportunidades aos alunos de aplicarem conhecimentos na condução de investigações e na resolução de problemas tecnológicos⁷⁷. Por outro lado, o "National Curriculum Council", em 1988, refere que investigar e explorar são actividades centrais para o trabalho dos cientistas e para a educação em ciência⁷⁸.

⁷⁷ . Esta declaração de política do "Department of Education and Science"-DES (1985) é referida em Miguéns. (1991, p.42).

⁷⁸ . DES (1988) cit. in Miguéns. (1991, p.42).

Também em Portugal, nas propostas de renovação curricular, este reconhecimento é manifesto. Assim, as propostas dos novos programas para a disciplina de Física e Química, do 3ºciclo do Ensino Básico e do Ensino Secundário, para além de realçarem a importância do trabalho experimental no ensino da Física e da Química, mostram uma preferência por abordagens de natureza investigativa. Referem, nomeadamente, que «a aquisição de conhecimentos implica que os alunos identifiquem e se familiarizem com os métodos e processos de trabalho em Física e Química» e que "os processos de trabalho científico" constituem «...uma área de competências que devem integrar-se e desenvolver-se ao longo de todas as unidades» (DGEBS, 1992, p.47). Realçam, ainda, que as actividades de laboratório devem permitir aos alunos «...desenvolver processos científicos usando os conhecimentos e a experiência para resolver problemas abertos através de investigações práticas e/ou trabalhos de projecto» (DGEBS, 1992, p.32).

Estas propostas contêm, implicitamente, uma ideia de mudança. Nesta mudança, o professor desempenha um papel fulcral (Jorge, 1991).

Sugere-se que professor deverá fomentar a criação de um ambiente ⁷⁹ de liberdade, mas simultaneamente de responsabilidade de cada um, em que assumindo o papel de mediador e facilitador da aprendizagem permita ao aluno assumir-se como construtor activo do seu conhecimento, comunicando, questionando e explorando factos e ideias.

Neste contexto, em que se sugerem alterações profundas na organização de ambientes educativos e dos papéis de professores e alunos, levanta-se a questão se a mudança de práticas de ensino que aqui se prefigura não pressupõe uma reflexão e transformação de perspectivas acerca das características da ciência que se ensina, dos processos de aprendizagem, das finalidades da educação em ciência e, até, do próprio trabalho experimental.

Estas são algumas das diversas questões que se colocam quando se pretende compreender alguns dos factores envolvidos nas mudanças que a renovação curricular em curso parece requerer.

⁷⁹ . A este propósito Perkinson (1990) refere que um ambiente educativo que permita aos alunos reconhecer os erros no seu conhecimento presente e a possibilidade de os eliminar deve possuir simultaneamente três características: 1) ser "livre", em que os alunos possam tornar público o seu conhecimento actual; 2) ser "responsive" fornecendo ao aluno um "feedback" crítico; 3) "supportive" de modo a ajudar os alunos a sentirem-se bem consigo próprios.

CONCLUSÃO

No contexto da sociedade actual, caracterizada pelo seu rápido desenvolvimento científico e tecnológico, em que se impõem determinadas necessidades de formação que capacitem os jovens a lidar com a mudança aliadas a factores de ordem interna inerentes ao ensino das ciências, conduziram a uma crise paradigmática no âmbito da educação em ciência que se tem traduzido num amplo movimento de renovação curricular.

Neste movimento assume particular acuidade a mudança de conteúdos e de processos educativos inerentes à educação em ciência, de modo a que esta passe a reflectir a natureza da ciência e as características do trabalho científico, bem como dos modos como se concebe actualmente a aprendizagem.

É neste contexto que se atribui muita da ineficácia do actual ensino das ciências, ao facto de veicular, implícita e explicitamente concepções de ciência que se podem considerar ultrapassadas, porque sem correspondência com a análise histórica da sua própria evolução.

De facto, a reflexão anteriormente apresentada parece apoiar a hipótese de que quer a abordagem tradicional da educação em ciência centrada nos conteúdos, quer a abordagem centrada nos processos da ciência supõem que o conhecimento científico é um conhecimento acabado, certo, infalível e objectivo, que traduz a realidade tal como ela é. Como tal, é considerado inquestionável, não-negociável, e passível de ser apreendido por acumulação e absorção de parcelas de verdade ou por tratamento de dados sobre a realidade.

Nesta lógica de transmissão cultural ou de processamento de informação, o saber ciência poderá ser interpretado como o ser capaz de reproduzir as informações recebidas e aplicar as fórmulas e regras definidas.

Assim, é provável que para os professores a principal finalidade da educação em ciência seja a transmissão de conceitos, leis, teorias e factos ou a sua descoberta por observação sistemática de factos da realidade, aparecendo o trabalho experimental como uma fonte de dados certos e seguros que permitam a ilustração e verificação desses produtos da ciência, ou a sua inferência, a sua descoberta. Neste quadro é igualmente provável que o trabalho experimental seja, a maioria das vezes, concebido como:

- uma actividade estruturada e organizada de modo a evidenciar prontamente o conceito ou a lei que se pretende ilustrar, verificar ou descobrir;

- uma actividade onde a observação e experimentação são considerados os seus elementos estruturantes;
- uma actividade em que se supõe que os alunos são observadores neutros e objectivos que, seguindo as regras e procedimentos prescritos obtêm dados confiáveis, certos e seguros -"dados científicos", cuja análise e tratamento conduzirá à interpretação desejada, à elaboração da explicação científica correcta.

Ora, a educação em ciência perspectivada num quadro epistemológico construtivista, em que se privilegia uma abordagem holística da ciência e da sua prática pela interacção dinâmica entre os conteúdos e os processos da ciência (não esquecendo outras dimensões como o seu contexto de realização e os valores de ordem pessoal e social inerentes ao trabalho científico, bem como a história da sua evolução) e em que se reconhece ao sujeito um papel constitutivo do processo de conhecimento, surge como uma abordagem que tendo em conta a complexidade da natureza da ciência e do processo de produção do conhecimento parece estar longe das perspectivas anteriores.

É uma nova forma de pensar a ciência que aqui se evidencia. A uma visão do conhecimento e da razão como sendo absoluta, impessoal e desligada, exterior ao sujeito envolvido no seu processo de produção, contrapõe uma visão relativista do conhecimento baseada na falibilidade, na incerteza e no erro, que reconhece o carácter problemático e conjectural do conhecimento, a importância dos saberes e experiência individual e da interacção entre o pensamento e a acção, entre a teoria e a experimentação na produção do conhecimento.

Esta perspectiva parece, assim, consistente com uma concepção de educação que reconhece a necessidade do envolvimento dos alunos no processo de (re)construção dos seus esquemas de conhecimento, que reconhece que cada aluno se desenvolve num espaço e num tempo determinados (tem uma história pessoal) e que estabelece uma constante e dinâmica interacção com o seu mundo circundante em função do modo peculiar como sente e significa as situações que lhe é dado viver.

Neste quadro de referência, é de salientar a inversão que esta perspectiva da ciência e da educação representa relativamente às concepções e práticas correntes de trabalho experimental, donde emerge a necessidade de repensar o conceito de trabalho experimental e de reavaliar o seu papel e os seus valores educativos.

De facto, em lugar de se privilegiarem actividades experimentais prescritivas conducentes a pôr em evidência as variáveis necessárias para que o conceito ou a lei emerjam quase naturalmente, por aplicação de um algoritmo de procedimentos e regras

Conclusão

fixas e determinadas, sugere-se que o trabalho experimental não se restringe à observação e experimentação. Ele envolve a especulação teórica, o debate e o confronto de ideias, e em que se faz uso de uma multiplicidade de métodos e processos conforme os objectivos a atingir, os conceitos em jogo e o contexto de aprendizagem.

Não se trata, portanto, de identificar o trabalho experimental como um processo linear, que caminha inexoravelmente dos factos para as ideias, mas como uma actividade de natureza investigativa e de resolução de problemas cujo processo envolve uma pluralidade de métodos e de explicações onde a criação, a invenção, a incerteza, o erro, a auto-crítica e a hetero-crítica podem desempenhar um papel fundamental.

Não se trata, também, de o considerar como uma mera estratégia de ensino, reservando-lhe exclusivamente a função de, pontualmente, motivar os alunos para a aprendizagem de determinado conteúdo científico ou de assumir uma função de ilustração e de corroboração dos conteúdos teóricos, ou ainda, a função de disponibilizar factos com vista à inferência de conceitos científicos, a fim de aumentar a sua compreensão e memorização.

Trata-se, sobretudo, de o olhar como uma actividade investigativa que envolve a resolução de problemas onde a teorização e exploração das ideias existentes são os seus percursos. Isto equivale a perspectivá-lo, simultaneamente, como um fim em si mesmo, ao propiciar o desenvolvimento de capacidades de resolução de problemas e de investigação, como uma estratégia de ensino e de aprendizagem, favorecendo a construção de significado dos conceitos teóricos, e como uma estratégia formativa de desenvolvimento de capacidades e talentos diversos, de ordem cognitiva, afectiva e social.

Visto por este prisma, o trabalho experimental, pela diversidade de processos e de pontos de partida que admite, parece poder considerar-se como uma via educativa propiciadora de espaços de liberdade considerados necessários ao desenvolvimento pessoal e social do aluno e à construção de vias pessoais de acesso ao conhecimento. Parece ser também uma contribuição positiva para a compreensão da natureza da ciência e da actividade científica e para a promoção do interesse e gosto pela aprendizagem das ciências.

Todavia, levanta-se a questão se será esta a perspectiva segundo a qual os professores interpretam e levam à prática o trabalho experimental. Surge, assim, como pertinente a necessidade de se compreender qual o sentido que os professores de Física e Química do 3º Ciclo do Ensino Básico e do Ensino Secundário atribuem ao trabalho

experimental. Que actividades experimentais é que privilegiam nas suas práticas? Que papel(éis) é que reservarão ao trabalho experimental no ensino e aprendizagem das ciências físicas? Que valores educativos é que lhe reconhecem?

Certamente que a(s) resposta(s) a estas questões não são independentes das perspectivas que sustentam acerca do que é a ciência, da natureza do seu processo de produção, de quais são as finalidades da educação em ciência e da educação em geral e, ainda, de como interpretam a relação entre as características do trabalho científico e do trabalho experimental.

É na procura de respostas para algumas destas questões que incidirá a terceira parte deste trabalho. Procurar-se-á, assim, compreender os possíveis sentidos que os professores atribuem ao trabalho experimental e as possíveis relações entre estes sentidos e as suas práticas em sala de aula, bem como as possíveis relações entre estes sentidos e as suas perspectivas acerca do que é a ciência e o seu modo de produção.

Terceira parte

O Sentido das Práticas de Trabalho Experimental

TERCEIRA PARTE - O SENTIDO DAS PRÁTICAS DE TRABALHO EXPERIMENTAL

INTRODUÇÃO

A importância do estudo das representações dos professores sobre a ciência tem sido reconhecida por muitos autores, sobretudo pelos que as consideram como um factor de forte influência no modo de ver e de praticar o seu ensino (por ex. Carey *et al.*, 1990; Matthews, 1990).

Segundo Lederman e Zeidler (1987), a maioria dos estudos realizados neste âmbito baseiam-se em dois pressupostos relacionados. Por um lado, assume-se que o comportamento do professor em sala de aula é directamente influenciado pelas suas concepções sobre a natureza da ciência e, por outro, que há uma relação positiva e significativa entre as concepções de ciência que os professores veiculam e as concepções dos seus alunos. De acordo com estes autores, esta presumida relação entre as concepções dos professores e o seu comportamento em sala de aula não é uma noção intuitiva, mas tem sido reiterada sistematicamente por trabalhos de investigação nesta área.⁸⁰ Contudo, salientam que, embora esta crença tenha servido de quadro de referência para diversos trabalhos de investigação empírica e mesmo no campo do desenvolvimento curricular, não há ainda suficiente evidência empírica que a sustente.

Também Pomeroy (1993a) se refere à existência de um amplo consenso entre investigadores e educadores em ciência⁸¹ de que as crenças acerca da ciência contribuem para o modo como e para o que é ensinado sobre a ciência. Segundo esta autora, esta noção fundamenta-se na ideia de que «os conceitos sobre a natureza de um corpo de conhecimentos estão na base de decisões relativas ao como eles devem ser ensinados, como podem ser compreendidos e como podem ser usados» (ibid., p.3). Embora os trabalhos nesta área sejam na sua maioria de índole teórica, como ressalta Pomeroy, recentemente alguns investigadores começaram a desenvolver estudos sobre as perspectivas dos professores relativas à natureza da ciência, bem como sobre as hipotéticas relações entre essas perspectivas e as suas práticas de ensino. Como é que essa epistemologia pessoal é formada? Que efeitos tem na prática dos professores? São

⁸⁰ . Lederman e Zeidler (1987) referem como trabalhos de investigação que têm reafirmado este pressuposto os realizados por Cotham e Smith (1981); Hurd (1969); Robinson (1972).

⁸¹ . Pomeroy (1993a, p.3), refere vários educadores e investigadores na área da educação em ciência que partilham desta ideia, como Abell (1989); Carter (1989); Cobb, Wood e Yackel (1991); Collins (1989); Cossman (1989); Gallagher (1991); Gruender e Tobin (1991); King (1991); Matthews (1989); Ray (1991); Scheffler (1973); Solomon (1991); Weatley (1991).

estas algumas das questões que Matthews (1990) refere como tendo estado na base de diversos trabalhos de investigação desenvolvidos recentemente.⁸²

É nesta área de investigação que se insere a nossa problemática.

Assim, nesta terceira parte do trabalho, admitindo como hipótese de partida que subjacente a toda a pedagogia do trabalho experimental há significados, concepções e valores relativos à ciência e ao trabalho experimental, procurar-se-ão pesquisar e compreender as representações de ciência e de trabalho experimental dos professores e as possíveis relações que existem entre estas e as suas práticas de trabalho experimental em sala de aula.

Nesta terceira parte incluir-se-ão três capítulos. No primeiro, serão analisadas noções utilizadas na investigação em educação relativas ao estudo dos processos de pensamento dos professores, designadamente das suas perspectivas sobre a natureza da ciência e o seu ensino e aprendizagem. Em seguida, proceder-se-á, a partir de literatura de investigação e de trabalhos de índole teórica, a uma análise e exploração das possíveis relações entre as perspectivas epistemológicas dos professores e as suas práticas de ensino, nomeadamente no que se refere às práticas de trabalho experimental.

No segundo capítulo, far-se-á uma breve reflexão sobre a metodologia e métodos a utilizar e descrever-se-ão os processos metodológicos adoptados na investigação empírica deste trabalho. O terceiro capítulo constituirá a contribuição empírica deste estudo para a compreensão dos sentidos que professores da disciplina de Física-Química no 3ºCiclo do Ensino Básico ou Ensino Secundário atribuem às suas práticas de trabalho experimental.

⁸² . Dentre os trabalhos de investigação realizados sobre esta problemática, Matthews (1990, p.39), refere os seguintes: Abell (1990); Lederman e Zeidler (1987); Jacoby e Spargo (1989); Koulaidis e Ogborn (1989); Rowell e Cawthron (1982).

CAPÍTULO 1 - REPRESENTAÇÕES E PRÁTICAS DE TRABALHO EXPERIMENTAL

Nos diversos estudos de investigação, ou de natureza teórica, em que se procura compreender quais são as perspectivas dos professores sobre a ciência e o seu ensino, são diversas as designações que se utilizam, como representações, concepções, crenças ("beliefs") ou sistema de crenças ("belief system"), relacionadas com a natureza do conhecimento, ideias ou noções que os professores têm sobre estes temas.

Na primeira secção deste capítulo analisar-se-ão alguns significados atribuídos a representação, concepção e crença ou sistema de crenças por diversos autores que se debruçaram sobre esta temática, ou que utilizaram estas expressões em trabalhos de investigação no âmbito da educação. Tentar-se-á estabelecer possíveis analogias entre estes conceitos. Definir-se-ão também alguns termos utilizados neste estudo.

Na segunda secção, a partir de literatura de investigação nesta área, analisar-se-ão as relações possíveis entre as representações de ciência dos professores e as suas perspectivas pedagógicas de trabalho experimental, bem como as relações entre estas representações e as práticas de ensino, em particular as práticas de trabalho experimental.

1 - Significados atribuídos a representações, concepções e crenças

Representações: A introdução do termo representação surge no campo da sociologia com Durkheim. O projecto de Durkheim consistia em procurar um pensamento comum, social, não redutível ao indivíduo, em que a utilização do termo representação visava definir, caracterizar e compreender um modo de pensamento colectivo que, de algum modo, se vai impor a cada indivíduo.

Esta hipótese avançada por Durkheim da relativização das representações individuais, consideradas efémeras e variáveis, às representações colectivas, estáveis e reprodutíveis, comporta uma ideia de determinismo social, que põe fortemente em questão a individualidade e a originalidade própria de cada um.

Posteriormente, este conceito de representação colectiva foi retomado por Moscovici, em 1961, no contexto da psicologia social. Pondo em questão a oposição entre o social e o individual, argumenta, citando Codol (1982), que o que permite qualificar de sociais as representações não é tanto o seu suporte individual ou grupal, mas o facto de serem elaboradas por processos de permutas e interacções.

Moscovici, ao considerar a representação como «uma ponte -"passerelle" - entre o mundo individual e o mundo social» (Moscovici, 1989, p.82), põe em evidência o carácter dinâmico das representações, simultaneamente geradas e adquiridas através da interacção e comunicação entre o mundo individual e o mundo social.

Além disso, para este autor, as representações são, simultaneamente, produtos e processos. Enquanto produtos, «são sistemas cognitivos que têm uma lógica e uma linguagem particular e que incidem quer sobre os valores quer sobre os conceitos ...a representação é um sistema de valores, de noções e de práticas». Enquanto processos, são «uma elaboração teórica que supõe reflectir as relações sociais, contribuindo ao mesmo tempo para a sua construção» Moscovici (1961,1963).⁸³

As representações são, assim, organizações de elementos cognitivos carregados afectivamente, que resultam da actividade do sujeito individual e social.

É nesta interface entre o mundo individual e o mundo social que o sujeito constrói a sua realidade - as suas representações- ou, como diz Abric a representação «é o processo e o produto de uma actividade mental na qual o indivíduo ou um grupo reconstitui o real com que é confrontado atribuindo-lhe uma significação específica» (Abric, 1989, p.188).

Neste sentido pode dizer-se, de acordo com Abric, que a representação social é um conjunto organizado de opiniões, de atitudes, de crenças e de informações referentes a um objecto, que o sujeito constrói tendo em conta a sua história pessoal, aquilo que ele próprio é, o sistema ideológico e social em que se insere e a natureza das relações que mantém com o sistema social.

Por outro lado, as representações, entendidas como teorias implícitas acerca dos objectos sociais, que envolvem valores, noções e práticas acerca desses objectos, podem ser consideradas uma modalidade de conhecimento que constitui um quadro de referência na «apreensão, avaliação e explicação da realidade» (Vala, 1986, p.5).

Esta noção de representação social, inicialmente introduzida no domínio da psicologia social, tendo suscitado diversos debates e trabalhos neste campo, ocupa hoje, como sublinha Jodelet (1989), uma posição central nas ciências humanas e sociais. A sua fecundidade heurística é atestada pela sua ampla utilização na investigação em diferentes áreas, desde a educação aos domínios científico, social, cultural, psicológico e profissional. Contudo, este conceito não reveste ainda um sentimento unívoco (Vala, 1986), assumindo significações diversas conforme a área de conhecimento em que é utilizado.

Concepções: Face a esta ambiguidade inerente ao termo representação, Giordan e Vecchi (1987) propõem que se utilize em sua substituição um conceito operatório, mais preciso e mais claro, como o de concepção ou constructo.

Para estes autores, o termo concepção acentua, a um primeiro nível, que se está perante um conjunto de ideias coordenadas e de imagens coerentes, explicativas, utilizadas face a situações-problema e, portanto, traduz uma estrutura mental subjacente, responsável por determinadas manifestações contextuais. O termo constructo destaca,

⁸³ . Moscovici (1961, 1963) cit. in Develay (1987, p.85).

por seu lado, a ideia de que é um elemento motor na construção do saber e, mesmo, nas suas transformações.

Na tentativa de clarificarem a sua ideia de concepção, estes autores enunciam uma série de características. Consideram que as concepções são simultaneamente um produto, uma produção e um processo que decorrem de uma actividade de elaboração do sujeito a partir de um determinado quadro de referência, que constitui o seu quadro de significação.

As concepções têm, assim, uma génese simultaneamente individual e social. É um processo pessoal na medida em que é o sujeito, a pessoa, que vai estruturando os conhecimentos que integra, através de um processo continuado de reconstrução. É um processo social, não porque seja um simples produto do contexto, mas na medida em que este saber se elabora ao longo de toda a sua vida, nos diversos contextos que vivência: na família, na escola, na prática profissional e, portanto, nas relações que mantém com os outros, indivíduos ou grupos, no decurso da sua história.

Consideram que as concepções são modelos explicativos que se actualizam face ao contexto em que emergem, ou seja, conforme o contexto há uma mobilização do que se sabe e uma adaptação à situação que se vive. Neste sentido, as concepções não são simples imagens ou representações mentais, mas sobretudo «índices de um modelo, dum modo de funcionamento compreensivo, em resposta a um campo de problemas» (ibid., p.89). Todavia, não devem ser entendidas como registos cumulativos de informações passadas, destinados a uma consulta posterior. Elas correspondem fundamentalmente a uma mobilização de conhecimentos e experiências anteriores ("acquis") com vista a uma explicação, a uma previsão ou, ainda, a uma acção.

Concebidas e caracterizadas deste modo, as concepções são elementos centrais no processo de elaboração dos saberes, participando no jogo de relações existentes entre os conhecimentos de que dispõe um indivíduo e as informações que encontrará no decurso da sua existência; é sobre estes elementos que se elaboram os novos saberes e se fundamentam as suas condutas.

Representações, concepções, crenças e sistemas de crenças: Comparando esta caracterização das concepções com o conceito de representação, que atrás se definiu, verifica-se não existirem diferenças fundamentais entre estes dois conceitos.

Em ambos os casos, realça-se a dimensão pessoal e social da sua génese, concebem-se as representações e as concepções como o processo e o produto de uma actividade mental que se desenvolve na interacção e comunicação entre o mundo individual e o mundo social.

Enquanto modalidades de conhecimento funcionam como grelhas de leitura da realidade e permitem a apreensão, avaliação e explicação das situações. Quer as representações, quer as concepções intervêm no processo de construção e de

transformação do saber e possibilitam a antecipação dos actos e condutas dos próprios sujeitos e dos outros.

É, assim, possível estabelecer algumas analogias entre estes dois conceitos e o conceito de "crença" ou "sistema de crenças" (Pajares, 1992; Abric, 1989; Vala, 1986; Giordan e Vecchi, 1987), de que se destacam: 1) podem ser entendidas como uma modalidade de conhecimento relativamente a objectos e situações, constituindo uma construção mental de um sujeito ou de grupo, com uma forte componente afectiva e avaliativa; 2) incluem valores, atitudes, crenças e informações acerca da realidade física e social; 3) estruturam-se em sistemas ou redes compostas por elementos interligados numa dimensão centro-periferia, sendo os elementos centrais os mais importantes e os mais estáveis e, como tal, os mais resistentes à mudança; 4) devido ao seu efeito filtrante (Pajares 1992), ou devido ao facto de funcionarem como "filtros interpretativos" (Abric, 1989), constituem uma grelha de leitura e de descodificação da realidade (Giordan e Vecchi, 1987) que permite aos sujeitos compreender, interpretar e avaliar uma determinada situação, bem como seleccionar as informações exteriores e, eventualmente, compreendê-las e integrá-las.

Em síntese, funcionam como instrumentos de avaliação e de explicação das situações, que tornam possível a antecipação dos actos e das condutas, a interpretação do seu sentido, a elaboração de novos saberes e a sua justificação à luz de determinados contextos sociais.

Pajares (1992), na ampla revisão bibliográfica que fez sobre a investigação das crenças dos professores, faz ainda ressaltar um conjunto de características que importa assinalar.

Por um lado, refere que as pessoas podem possuir vários sistemas de crenças, em que uns podem ser priorizados em relação a outros em determinadas situações e em que, estando alguns deles mais fortemente relacionados que outros, podem ocorrer inconsistências entre eles. Neste sentido faz notar que as crenças educativas ("educational beliefs") podem ser melhor compreendidas em termos das suas conexões entre si e com outras crenças, nomeadamente com aquelas que ocupam uma posição mais central no sistema.

Por outro lado, Pajares, citando Abelson, Nespor, Rokeach e outros, salienta o carácter instrumental dos sistemas de crenças, que se evidencia no papel que assumem como condicionadores das acções dos sujeitos: «as crenças são instrumentais na definição das tarefas e selecção das ferramentas cognitivas, com base nas quais os sujeitos [professores] interpretam, planeiam e tomam decisões relativas a essas tarefas e jogam um papel crítico na definição do comportamento e organização do conhecimento e informação» (Pajares, 1992, p.325).

Da análise anteriormente desenvolvida, é possível estabelecer algumas analogias entre as noções de representação, de concepção e de crença ou sistema de crenças, o que

possibilita a análise e comparação de estudos no âmbito da investigação no campo da educação em que se utilizam estes três conceitos.

Com efeito, apesar das variantes associadas a estas noções, afigura-se pertinente considerar que as representações sociais, assim como as concepções e as crenças, são entidades cognitivas, afectivas e avaliativas. É também neste sentido que se expressa De Ketelle quando, referindo-se às representações, salienta que estas «são sínteses mentais de informações, mais ou menos carregadas afectivamente, que a pessoa constrói, mais ou menos conscientemente, a partir do que ela própria é, do que foi e do que projecta e guia o seu comportamento»(De Ketelle,1986, p.182).⁸⁴

Afigura-se também pertinente considerá-las como uma modalidade de conhecimento elaborado pelo sujeito individual e social e reconhecer que, enquanto instrumentos de atribuição de sentido, de avaliação e de explicação da realidade, desempenham um papel fundamental nos processos de construção do saber social e como sistemas condicionadores das acções dos sujeitos.

Representações pessoais: Do que atrás se referiu, o conceito de representação parece-nos constituir um quadro de referência dentro do qual se torna pertinente o estudo e compreensão de como conceptualizam os professores de Física/Química a natureza da ciência, seu processo de produção e o seu ensino, nomeadamente no que se refere ao trabalho experimental, bem como as relações entre estas perspectivas e as suas práticas em sala de aula.

Além disso, encarando a pessoa como um sistema aberto e hipercomplexo (Lerbet, 1981), que interage de forma única com os contextos com que é confrontada, que sente e significa de forma original as situações que lhe é dado viver, torna-se pertinente considerar neste estudo o conceito de *representações pessoais* como as representações construídas por cada professor. Com efeito, olhar-se o professor como um sistema aberto e hipercomplexo corresponde a reconhecer que, sendo um ser autónomo e singular com estratégias próprias, estabelece com os contextos que vivencia uma constante e dinâmica interacção, em função da sua história pessoal e dos seus projectos. Desta forma peculiar como cada um interage com o seu "environnement" (Lerbet, 1981), as representações pessoais surgem como o processo e o produto da actividade mental de cada sujeito, onde interagem elementos de ordem cognitiva, afectiva e avaliativa.

Entendidas deste modo, as representações pessoais são construções cognitivas e afectivas elaboradas por cada sujeito, de forma consciente ou inconsciente, sobre objectos e situações, que influenciam o modo como cada pessoa interpreta e explica determinada situação, selecciona e integra a informação, e jogam um papel importante na definição do comportamento e tomadas de decisão face a essas situações.

⁸⁴ De Ketelle (1986) cit.in Santos (1991, p.19).

Assim, neste estudo, as *representações pessoais sobre a ciência* referem-se a conceitos, significados, valores e opiniões relativas à ciência, que os professores foram construindo e actualizando ao longo de toda a sua vida nos diversos contextos que vivenciaram: na família, na escola, na sua prática profissional e, portanto, nas relações que mantêm com os outros, indivíduos ou grupos, no decurso da sua história. Incluem elementos referentes à natureza da ciência, ao conhecimento científico e aos seus processos de produção.

As *representações pessoais dos professores sobre trabalho experimental* relacionam-se com a interpretação que fazem do trabalho experimental no âmbito da educação em ciência e, em particular, no ensino da Física/Química. Incluem elementos relativos ao sentido que atribuem a trabalho experimental, à relação entre trabalho experimental e as características do trabalho científico, bem como ao papel e valores educativos do trabalho experimental. Dadas as suas características, utilizar-se-á, na contribuição empírica deste estudo, a expressão *representações pedagógicas de trabalho experimental* para designar as representações pessoais sobre trabalho experimental.

Ao admitir-se que cada pessoa pode possuir vários sistemas de representações mais ou menos interrelacionados, é natural que as representações pedagógicas de trabalho experimental enquadradas neste sistema se encontrem interligadas com as suas representações de ciência e com as representações pessoais sobre a educação em ciência: as suas finalidades, o papel do professor e dos alunos, a natureza das experiências de aprendizagem a privilegiar no âmbito do ensino e aprendizagem da ciência e, em particular, as actividades experimentais que o professor considera como as mais apropriadas neste contexto. É também natural que estas relações não sejam igualmente fortes, pelo que é de admitir a existência de inconsistências possíveis entre estes vários sistemas de representações pessoais dos professores e entre estas e as suas práticas.

Dados os objectivos deste trabalho, parece-nos relevante analisar alguns resultados de investigação relativos ao estudo das representações, concepções ou crenças dos professores sobre a ciência e o seu ensino relacionadas, particularmente, com o trabalho experimental, bem como explorar as possíveis relações entre estas representações e as práticas de ensino, em especial as práticas de trabalho experimental.

2 - Relações entre perspectivas epistemológicas e práticas de ensino

2.1 - Concepções de ciência dos professores

No que se refere às perspectivas dos professores acerca da ciência constata-se, através da literatura consultada, serem perspectivas epistemológicas empiristas-

indutivistas⁸⁵ as que prevalecem entre os professores de ciências (Aguirre, 1990; Cawthron e Rowell, 1978; Elkana, 1970; Giordan, 1978; Hodson, 1985,1993; Linder, 1992; Matthews, 1990; Pomeroy, 1993, Ruggieri *et al.*, 1993).⁸⁶

Por exemplo, Ruggieri *et al.* (1993), num estudo diagnóstico das imagens de ciência de professores italianos e latino-americanos do ensino secundário (38 no total), com formação inicial em Física ou Matemática, constataram ser esta a perspectiva predominante. Em coerência com esta posição epistemológica, estes professores identificam como atributos fundamentais do conhecimento científico: a coerência lógica, o rigor, a racionalidade, a correspondência com os resultados experimentais, a causalidade e a reprodutibilidade. Além disso, parecem acreditar que a metodologia científica introduzida nos primórdios da ciência moderna se mantém nos dias de hoje e que o conhecimento progride de forma linear, com vista a atingir-se uma completa congruência com a realidade, a certeza e a verdade. Também a objectividade do conhecimento científico parece ser vista, por estes professores, como decorrente da objectividade dos factos empíricos.

Estas perspectivas dos professores sobre a natureza da ciência derivam essencialmente, de acordo com alguns dos autores atrás referidos, das suas próprias experiências de aprendizagem no decurso do seu percurso escolar e são reforçadas pela própria mitologia dos manuais de ciência e por outros materiais de apoio. Para Gallagher (1991) e Matthews (1990), a prevalência destas perspectivas entre os professores de ciência do ensino secundário deve-se ainda, e fundamentalmente, ao facto da história e filosofia da ciência estarem ausentes dos programas de formação de professores.

Apesar deste amplo consenso sobre a natureza empirista-indutivista das perspectivas dos professores, há alguns autores, como Ray (1991),⁸⁷ que afirmam existir já alguma evidência sobre a evolução destas perspectivas para uma concepção mais global e mais realista do trabalho científico. Por exemplo, num estudo realizado em Inglaterra por Koulaidis e Ogborn (1989), estes autores referem que a maioria dos professores ingleses parece evidenciar a sua preferência actual por posições relativistas, em detrimento de posições empiristas-indutivistas.

⁸⁵ . As perspectivas epistemológicas dos professores que se situam no quadro epistemológico empirista-indutivista, que caracterizámos na primeira parte deste trabalho, surgem na literatura sobre esta temática com designações diversas, de que destacamos: "experimental-indutiva"; "empirista-indutivista"; "visão absoluta"; "positivista"; "naive"; "visão tradicionalista". Por sua vez, as perspectivas dos professores que mais se relacionam com o quadro epistemológico contemporâneo são referidas como "relativistas", "não-traditionalistas", "construtivistas", entre outras designações.

⁸⁶ . Hodson (1993, p.104) refere ainda outros autores que consideram ser perspectivas empiristas-indutivistas sobre a natureza da ciência as prevalentes entre os professores, como: Duschl (1983); Munby (1982); Nadeau e Désautels (1984); Orpwood e Souque (1985); Smolicz e Nunan (1975).

⁸⁷ . Ray (1991) cit. in Pomeroy (1993, p.269).

2.2 - Relações entre concepções e práticas

A influência das ideias que os professores têm acerca da ciência nas suas práticas de ensino foi particularmente evidenciada por Brickhouse (1989), através de um estudo diacrónico que envolveu três professores do ensino secundário com experiências profissionais diferentes. Segundo esta investigadora, «as crenças acerca da ciência [dos professores] influenciam não só de forma explícita as aulas sobre a natureza da ciência, mas também modelam um curriculum implícito relativamente ao conhecimento científico» (ibid., p.1). Por exemplo, como refere Brickhouse, um dos professores que atribui a especificidade da ciência ao facto de possuir um método específico, racional, constituído por etapas discretas e cujos procedimentos são pré-determinados, privilegia nas suas aulas actividades experimentais que colocam o enfoque na execução das directrizes fornecidas e na obtenção da resposta certa. Para ele, os resultados errados são considerados uma consequência de uma má execução das instruções. Além disso, a preparação da actividade experimental centrava-se para este professor, sobretudo, nos aspectos processuais, não valorizando os aspectos conceptuais.

Outro aspecto interessante que esta investigadora realça neste estudo é o facto da congruência entre as filosofias pessoais, expressas pelos professores, com as suas práticas em sala de aula ser notavelmente consistente para dois dos professores envolvidos, que já tinham uma experiência profissional considerável. No caso do terceiro professor, que apenas tinha dois anos de serviço, as suas práticas eram variáveis e manifestavam inconsistências com as ideias expressas sobre a natureza da ciência.

Brickhouse interpreta estes resultados colocando a hipótese dos professores mais experientes possuírem um sistema de crenças consistente⁸⁸ que se encontra reconciliado com os constrangimentos institucionais, ocasionalmente referidos por estes professores. No caso do professor menos experiente, Brickhouse interpreta os resultados referindo que este professor possuía um sistema de crenças, relativas à natureza da ciência e ao seu ensino e aprendizagem, conflituosas, nomeadamente entre aquilo que considerava desejável e o que considerava possível, que ainda não tinha conseguido reconciliar, quer entre si, quer com o impacto dos constrangimentos institucionais no seu ensino.

Assim, segundo a perspectiva de Brickhouse, é razoável supor que, por um lado, os professores com vários anos de experiência profissional docente possuem um sistema de crenças, sobre a ciência e sobre o ensino e a aprendizagem, consistente e articulado com as suas práticas de ensino e, por outro lado, que se desenvolve um "feedback" recíproco entre as crenças e as práticas.

Neste quadro, as vivências profissionais dos professores e a influência dos manuais escolares são consideradas por esta investigadora como as fontes próximas da génese

⁸⁸ . Brickhouse (1989, p.15) refere que esta ideia de que os professores experientes possuem um sistema de crenças consistente e auto-consolidado, relativo à natureza da ciência e à natureza do ensino e aprendizagem, também é defendida por Hollon e Anderson (1987).

das crenças dos professores, não menosprezando, contudo, o papel que a formação inicial e os constrangimentos institucionais, nomeadamente os decorrentes do contexto escolar, podem desempenhar. Estes podem influir de forma negativa na expressão e desenvolvimento das crenças dos professores, pelo que se sugere a criação de um ambiente escolar que minimize esses constrangimentos.

Posteriormente a este estudo, Brickhouse, em colaboração com Bodner, realizaram um outro com vista a compreenderem melhor as inconsistências e conflitos detectados entre as crenças do professor com menor experiência, envolvido no estudo anterior, e entre estas e as suas acções em sala de aula. De facto, já no estudo anterior se tinha constatado que, embora o referido professor concebesse a ciência como uma actividade criativa, informal e por vezes anarquista, e considerasse que o ensino das ciências deveria, em termos ideais, ocorrer em contextos informais, as suas práticas de ensino em sala de aula (actividades laboratoriais, resolução de problemas, ...) eram altamente estruturadas.

Neste estudo, em que se procedeu à recolha de dados durante sete meses, através de entrevistas, observação de aulas e análise documental, Brickhouse e Bodner (1992), para além de confirmarem a existência dos referidos conflitos e inconsistências, identificaram um conjunto de outros factores que contribuem para a sua compreensão: constrangimentos no âmbito da sala de aula e constrangimentos institucionais.

No âmbito da sala de aula, estes investigadores, tendo em conta que as interacções entre o professor e os alunos desempenham um papel importante no desenvolvimento das perspectivas dos professores relativamente à forma como a aprendizagem ocorre na sala de aula,⁸⁹ identificaram dois constrangimentos interactivos relevantes nas práticas de ensino deste professor. Um dos constrangimentos tinha a ver com a atitude dos alunos face às classificações ("grades"), caracterizada por uma fobia exagerada destes na obtenção de altos níveis de classificação, e consequente atitude individualista e competitiva dos alunos, que se traduzia, nomeadamente, na dificuldade que manifestavam na realização de trabalho de grupo. O outro constrangimento prendia-se com a insegurança que o professor sentia face a questões ou situações inesperadas criadas pelos alunos, devido à sua reconhecida falta de preparação científica.

Como constrangimentos institucionais, estes investigadores, seguindo Edwards (1979), referem três tipos de controle institucional que assumem particular relevância para os professores menos experientes: 1) o controle pessoal, que envolve o impacto dos supervisores ("supervisors") no trabalho dos professores; 2) o controle burocrático, que envolve as regulações e hierarquias sociais, nomeadamente, a imposição de um manual escolar e a exigência posta ao professor de "cobrir" todo o manual escolar; 3) o

⁸⁹ . Brickhouse e Bodner (1992, p.477) referem outros estudos que mostraram que as reacções dos alunos podem constituir um constrangimento importante dos comportamentos dos professores: Cooney (1985); Zeichner, Tabachnick e Densmore (1987).

controle técnico, como um resultado da organização das turmas, dos tempos e espaços escolares, o número de turmas por professor e os materiais curriculares.

Outro trabalho de investigação recente, relevante nesta área, foi desenvolvido por Pomeroy (1993a) no âmbito da sua tese de doutoramento.

Na mesma linha do estudo anterior, esta autora, através de um estudo de caso que envolveu três professores, constatou que havia uma forte congruência entre as crenças dos professores sobre a natureza da ciência e as suas práticas em sala de aula. Esta congruência evidenciou-se, particularmente, em relação às crenças relativas aos processos de produção do conhecimento científico e menos em relação às que se relacionavam com a natureza das teorias e do conhecimento científico, aspectos em que estes professores denotaram ter mais dificuldade em discutir em vários momentos da recolha de dados.⁹⁰ Em termos das suas práticas de ensino, aquela congruência traduziu-se na importância atribuída aos processos científicos na concepção e implementação das actividades de ensino e aprendizagem na sala de aula.

Linder (1992), por sua vez, refere que a posição epistemológica dos professores afecta não só o seu ensino -como ensina- mas, também a forma como os alunos vêm a aprendizagem e a natureza da Física.

Tomando como referência um estudo que realizou, afirma haver evidência que corrobora a hipótese das dificuldades conceptuais manifestadas pelos alunos relativamente à aprendizagem da Física se deverem, em parte, à influência das perspectivas epistemológicas dos professores nas suas práticas de ensino. Segundo este autor, os professores de Física, de todos os níveis de ensino, reflectem no seu ensino uma posição epistemológica «realista metafísica» (Linder, 1992, p.111). Um realista metafísico é definido por Linder, citando Putman, como alguém que acredita que «podemos pensar e falar sobre as coisas tal como elas são, independentemente das nossas mentes- "minds"».⁹¹

Uma manifestação desta perspectiva no ensino da Física é a caracterização, de forma implícita ou explícita, da actividade científica como um processo de recolha contínua de "factos" -"mind-independent facts"- sobre a realidade objectiva (Linder, 1992). Deste modo, como salienta este autor, a natureza das aulas de Física reflecte pouca ênfase na construção de modelos e teorias e na predição de "novos factos", bem como uma subvalorização dos contributos pessoais que, por serem subjectivos, não podem ser considerados. Por outro lado, sublinha que, como resultado desta perspectiva epistemológica sobre a ciência, é provável que os professores encorajem os alunos a aprender Física por memorização de factos, que identifiquem compreensão conceptual

⁹⁰ . Pomeroy (1993a, p.197) admite como uma possível interpretação desta inconsistência que, eventualmente pelo facto dos professores não possuírem representações relativas a determinados aspectos da ciência, isso se traduz na sua sub-valorização no decurso da sua prática.

⁹¹ . Putman (1983, p.205) cit. in Linder (1992, p.111).

com a habilidade em resolver problemas estereotipados e que sobrevalorizem um ensino que incida sobre a maior quantidade possível de conteúdos científicos.

Tendo em conta estes trabalhos de investigação, bem como outros estudos consultados sobre esta problemática das relações entre as concepções e as práticas de ensino dos professores, há algumas vertentes que importa salientar.

Uma primeira vertente prende-se com a constatação de que, para muitos professores, há uma forte relação entre as suas concepções sobre a natureza da ciência e as suas práticas de ensino, nomeadamente ao nível do modo como concebem e implementam as actividades de ensino e de aprendizagem nas aulas de ciência.

Uma segunda vertente relaciona-se com a constatação de que existe também uma forte interrelação entre as concepções de ciência e as concepções de ensino e de aprendizagem. Esta articulação entre estes dois sistemas conceptuais evidencia-se nomeadamente nos professores com uma determinada experiência profissional que, como sublinha Brickhouse (1989), possuem um sistema de crenças consistente e articulado.

A terceira vertente a salientar prende-se com a natureza destas relações. Como referenciam vários autores (por ex. Pomeroy (1993a) e Lederman e Zeidler (1987)), estas relações entre as concepções dos professores e entre estas e as suas práticas não são relações directas, nem lineares, do tipo causa-efeito, embora alguns investigadores pareçam sugerir a existência deste tipo de relações.

Para Pomeroy (1993a), estas relações têm uma natureza dinâmica e interactiva, que se evidencia nas influências mútuas que ocorrem quer entre os sistemas de crenças, quer entre estas e as práticas dos professores, e que se desenvolvem através da reflexão e da reconceptualização ou afirmação. Segundo Pomeroy, esta ligação e os processos de "feedback" recíprocos que ocorrem entre as crenças e as práticas relacionam-se com a noção de "prática reflexiva", tal como é definida por Argyris e Schon (1974) e Schon (1983). Assim, de acordo com a leitura que esta autora faz de Schon (1983), nos profissionais reflexivos a "conversação" entre a prática e as crenças conduz à testagem, reavaliação e, se necessário, à reconceptualização em ambos os domínios.

Uma quarta e última vertente a salientar relaciona-se com o reconhecimento de que existem outros factores ligados, nomeadamente, ao contexto escolar, que podem influenciar as tomadas de decisão e o comportamento dos professores em sala de aula, e que podem estar na base das inconsistências e conflitos que alguns professores manifestam ao nível da relação entre as suas concepções sobre a ciência e sobre o ensino e a aprendizagem e entre estas e as suas práticas, como foi evidenciado, por exemplo, no estudo desenvolvido por Brickhouse e Bodner (1992).

Pomeroy (1993a), tendo em conta os resultados obtidos no estudo que desenvolveu e em consonância com Brickhouse e Bodner (1992), salienta, como factores mais relevantes, a cultura da escola e o currículo -factores ligados ao contexto escolar- e as interações entre o professor e os alunos no âmbito da sala de aula que, na sua

perspectiva, podem modelar ou reforçar as atitudes e crenças dos professores e influenciar a prática, estimulando ou inibindo aquelas relações.

Face a esta multiplicidade de factores que interagem com as crenças e as práticas dos professores, Pomeroy conjectura um modelo que, na sua perspectiva, ajuda a compreender a interrelação entre estes diversos factores. Neste modelo, as diversas esferas de influência nas práticas dos professores- experiência e conhecimento; atitudes e crenças sobre o ensino e a aprendizagem; atitudes e crenças sobre a ciência; cultura da escola; constrangimentos específicos e recursos; práticas- dispor-se-iam em círculos concêntricos, sendo o centro ocupado pela prática, ocorrendo interações e influências recíprocas entre estes diversos componentes.

Por outro lado, Pomeroy (1993a) admite a hipótese deste conjunto de factores que constituem o domínio ("realm") do professor se intersectar com outros: com o domínio dos alunos, intersecção que ocorre por via das interações professor-alunos, influenciando-se mutuamente; com o domínio do conteúdo disciplinar ("subject matter") que, na sua perspectiva, tem o potencial de afectar todos os componentes dos outros dois domínios.

A admitirem-se estas hipóteses, desta intersecção pode resultar, segundo esta autora, o reforço das relações entre estes domínios nos seus diferentes níveis ou componentes. O reforço de qualquer componente pode, por sua vez, afectar os outros componentes incluindo a prática, devido às interações dentro de cada domínio. Deste modo, e como exemplo, as experiências vivenciadas pelos professores ao ensinar ciência poderão, devido a esta potencial interacção, afectar as atitudes, crenças e práticas desses professores.

2.3 - Relações entre concepções e práticas de trabalho experimental em sala de aula

Embora os resultados de investigação analisados se reportem fundamentalmente à análise das relações entre as perspectivas epistemológicas dos professores e as práticas de ensino, consideradas na sua globalidade, parece plausível considerar que as relações entre essas perspectivas epistemológicas e as práticas de trabalho experimental em sala de aula sejam da mesma natureza que aquelas. Com efeito, não se tendo conhecimento de trabalhos de investigação que tenham incidido especificamente sobre a análise destas relações, há trabalhos diversos de natureza teórica que analisam a influência de determinados pressupostos epistemológicos nas concepções e práticas correntes de trabalho experimental, de que demos conta no segundo capítulo da segunda parte deste

trabalho, e que sugerem a existência de uma relação consistente entre estes dois domínios de pensamento e acção.⁹²

Por exemplo, Hodson (1993), referindo estudos realizados por Benson, Duschl, Lantz e Kass, Lederman, considera que é razoável supor que as perspectivas pessoais de um professor sobre a ciência e a actividade científica constituem um factor importante nas mensagens que são veiculadas implicitamente sobre a natureza da ciência, por exemplo, através da linguagem e pelas próprias características das experiências de aprendizagem que se propõem, como o caso das actividades experimentais.

Duschl (1983),⁹³ a partir de um estudo de caso envolvendo professores de ciência, constatou, por um lado, que as suas crenças acerca da ciência têm, em larga maioria, uma natureza positivista lógica, em que reconhecem, por exemplo, a utilidade de um método científico constituído por etapas discretas, a objectividade do conhecimento científico e a superioridade dos dados de observação face aos dados teóricos. Por outro lado, verificou que estas crenças influenciam a sua escolha de actividades curriculares e dos materiais como, por exemplo, o tipo de actividades experimentais e o discurso usado em sala de aula. Por sua vez, Lederman (1986), num estudo que realizou sobre as concepções dos alunos acerca da natureza da ciência, concluiu que estas concepções são positivamente influenciadas por professores de ciência que adoptam nas suas aulas uma abordagem de resolução de problemas.

Estes resultados de investigação, tal como os referidos anteriormente, sugerem a existência de uma forte interrelação entre as perspectivas epistemológicas dos professores e o modo como concebem e implementam as actividades experimentais.

Todavia, como assinala Hodson (1993), a situação poderá não ser tão clara quanto parece, pois, como refere, há outros factores significativos que podem influenciar as práticas dos professores em sala de aula como, por exemplo, os exames e os próprios manuais escolares.

Além disso, em consonância com a análise anteriormente feita sobre a natureza dinâmica e interactiva das relações entre as concepções e as práticas, Hodson (1993) sugere que os professores, ao trabalharem com grupos de alunos diferentes, podem adequar os seus métodos de ensino de modo a acomodar as diferenças constatadas nas habilidades dos alunos, assim como adaptarem, de algum modo, a sua posição epistemológica. A este propósito, este autor refere que, por vezes, os professores envolvem grupos com diferentes habilidades em diferentes tipos de abordagens do trabalho experimental, podendo adoptar, por exemplo, uma abordagem hipotético-

⁹² . Dentre os diversos trabalhos de natureza teórica que analisam as relações entre a epistemologia da ciência e as concepções e práticas de trabalho experimental destacam-se: Giordan (1978, 1978a); Hodson (1985, 1992a,b, 1993); Lunetta (1990); Perez (1992); Robardet e Guillaud (1994), Woolnough e Allsop (1985, 1989).

⁹³ . Este trabalho de investigação realizado por Duschl (1983) é referido por Hodson (1993, p.113) e por Brickhouse (1989, p.3).

dedutiva com alunos com maiores capacidades e uma posição mais indutivista com os que consideram menos capazes.

Por outro lado, Hodson refere que, mesmo quando os professores possuem uma perspectiva clara e coerente sobre a ciência e a actividade científica, nem sempre planeiam as aulas experimentais de modo consistente com essa perspectiva, atribuindo maior importância a aspectos organizacionais ou de gestão e a outras actividades designadas para assistir à aquisição e desenvolvimento de conceitos. A existência de facilidades institucionais e estruturais não garante, como sublinha Hodson (1993), referindo Ainley (1990), boas práticas e bons resultados de aprendizagem, mas a sua ausência pode condicioná-lo fortemente, como sejam os casos de deficiente material laboratorial, falta de suporte técnico, insuficiente tempo curricular, bem como constrangimentos do tipo de manuais de laboratório super-estruturados ou exigências prescritivas de exames práticos.

Outro problema que se levanta a nível da análise das relações entre as concepções e as práticas de ensino e, em particular, as práticas de trabalho experimental, tem a ver com as descoincidências que se verificam entre o discurso e a prática.

Relativamente a este problema, Hodson (1993) considera que estas descoincidências são frequentes, nomeadamente ao nível das concepções de trabalho experimental e das práticas que se realizam em sala de aula. Refere, por exemplo, que os professores podem professar a crença no valor de actividades experimentais abertas, centradas nos alunos, e falharem na prática na tradução desta retórica.

Além disso, como salienta este autor, as práticas dos professores em sala de aula são normalmente muito mais centradas no professor do que aquilo que verbalizam, que dizem acreditar ou que os planos curriculares sugerem.⁹⁴ Estas práticas traduzem-se na maioria das vezes, segundo Hodson (1993), em actividades que colocam os alunos na posição de ler, compreender e seguir as directivas experimentais do professor; manipular o material; recolher os dados; reconhecer as diferenças entre os resultados obtidos e os resultados que deveriam obter; interpretar esses resultados e fazer um relatório (muitas vezes numa linguagem obscura e impessoal). Portanto, actividades em que não há uma exploração das ideias envolvidas, nem uma análise dos seus propósitos fundamentais e que conduzem a uma execução quase mecânica, passo por passo, das instruções fornecidas pelo professor com vista à obtenção da resposta certa, que se supõe emergir naturalmente se as instruções experimentais forem correctamente executadas.

Outra descoincidência entre o discurso e prática, referida por vários autores, como por exemplo Hodson (1992c, 1993) e Linder (1992), observa-se ao nível da relação entre a perspectiva epistemológica professada e as experiências curriculares (como o

⁹⁴ . Hodson (1993, p.98) refere vários autores como Bliss (1990); Kyle (1977, 1980); Tamir (1977, 1991); Tobin (1986), que partilham desta perspectiva de que existe uma descoincidência entre as práticas de trabalho experimental que o professor realiza nas suas aulas e a maneira como diz conceber essas actividades, ou em relação às orientações curriculares.

trabalho experimental) que se privilegiam em sala de aula. Por exemplo, como refere Hodson (1993), um professor pode reconhecer que o conhecimento científico é socialmente construído e nas actividades experimentais que realiza ignorar esta dimensão de construção social do conhecimento científico. Assim, as actividades experimentais são concebidas pelo professor como um meio de conduzir os alunos a adoptar uma determinada perspectiva sobre um determinado conteúdo teórico, ou seja, como um meio de "revelar" significados de forma convincente e não como um elemento a ter em conta na negociação ou construção de significados. Em consequência, veicula-se implicitamente a ideia de que a teoria científica é um corpo de conhecimentos inquestionáveis, revelados e autenticados por observações infalíveis e experiências conclusivas e, portanto, a ideia de que o conhecimento científico é um conhecimento certo e acabado, gerado através de métodos infalíveis.⁹⁵

Em síntese, desta análise da literatura de investigação ressaltam duas ideias fundamentais, que julgamos pertinentes quando se pretendem compreender as representações pessoais de ciência dos professores e explorar as possíveis relações entre as suas perspectivas epistemológicas e o modo concebem e realizam as suas práticas de ensino, em especial ao nível do trabalho experimental.

Uma primeira ideia que se evidencia nesta análise é a de que existe uma forte interrelação entre as representações e as práticas. Assim, ao reconhecer-se a existência desta interrelação é provável que o sentido que um professor atribui a trabalho experimental e o papel que lhe reconhece no processo de ensino e aprendizagem da ciência se relacione com as suas perspectivas epistemológicas sobre a natureza da ciência.

Uma segunda ideia tem a ver com a natureza destas relações e com o reconhecimento de que existem outros factores, ligados, nomeadamente, ao contexto escolar em que a acção do professor se desenvolve que interagem com estas relações.

Assim, e se por um lado se reconhece que não existe uma relação de causalidade directa entre as representações e as práticas, por outro lado, ao acentuar-se a sua natureza dinâmica e interactiva, admite-se a hipótese de existirem processos de "feedback" recíprocos entre os sistemas de representações, designadamente entre as suas representações acerca da ciência e as relativas ao ensino e à aprendizagem e entre estas e as suas práticas.

Além disso, ao reconhecer-se que há múltiplos factores ligados ao contexto em que a acção se desenvolve (como a cultura da escola, o currículo, os manuais, os recursos, as interacções professor-alunos, as expectativas e interesses dos alunos) que podem favorecer ou inibir a expressão e o desenvolvimento das representações dos professores

⁹⁵ . Para uma análise mais aprofundada destes aspectos ver por exemplo: Benson (1989b); Cheung e Taylor (1991); Duschl e Gitomer (1991); Laroche e Désautels (1991a,b); Nersessian (1989); Russell e Munby (1989); Songer e Linn (1991). Estes autores são referidos em Hodson (1992c. p.552).

e a sua influência nas práticas de ensino, equivale a reconhecer: 1) a complexidade e o carácter sistémico da realidade educativa; 2) que na gestão das relações e interacções recíprocas entre esta diversidade de factores podem originar-se conflitos e emergirem inconsistências a diversos níveis.

Deste modo, parece plausível considerar que a forma como cada professor concebe e implementa o trabalho experimental seja determinada não apenas pelas suas teorias implícitas acerca da ciência e do seu modo de produção, mas também pelas suas experiências, a sua interpretação do currículo, a forma como concebe a educação e o modo como lida com os diversos constrangimentos institucionais.

Neste contexto, é também provável que nas relações entre as suas concepções de ciência e de trabalho experimental e nas relações entre estas e as suas práticas de trabalho experimental em sala de aula ocorram conflitos e inconsistências.

A compreensão desta problemática, designadamente, das representações pessoais sobre a ciência e das representações pedagógicas de trabalho experimental e a exploração de possíveis relações entre si e com as práticas de trabalho experimental protagonizadas na sala de aula é o objectivo da componente empírica deste trabalho de investigação. É sobre estes aspectos que incidirá o terceiro capítulo desta parte.

O próximo capítulo debruçar-se-á sobre a metodologia utilizada na investigação empírica deste trabalho.

CAPÍTULO 2 - METODOLOGIA DA INVESTIGAÇÃO EMPÍRICA

«O conhecimento do real é uma luz que sempre projecta algures umas sombras»
(Bachelard, 1984, p. 165).

1 - Breves considerações sobre a metodologia a utilizar

Ao pretender-se estudar as representações de cada professor relacionadas com o trabalho experimental e com a natureza da ciência, é sobretudo à perspectiva de outras pessoas que queremos ter acesso. Não se trata, portanto, de um processo simples e linear, imediato, a que se aceda através de um simples inventário. Na medida em que as representações são modelos explicativos subjacentes e não unicamente as suas emergências, o seu estudo pressupõe quase sempre a sua inferência a partir de afloramentos por vezes parcelares ou mesmo contraditórios (Giordan e Vecchi, 1987).

Assim, o estudo das representações, não se interessando exclusivamente pelos comportamentos observáveis, coloca, na abordagem dos fenómenos, sobretudo, o acento na sua "dimensão simbólica", ou seja, na significação que cada sujeito ou grupo atribui às situações com que se defronta.

Segundo Erickson (1992), ao procurar descobrir-se qual o sentido que as pessoas atribuem às acções que realizam - objectivo da investigação qualitativa - procura-se identificar qualquer coisa parecida com causa. No entanto, esta noção de causa diferencia-se do sentido biológico ou mecânico do termo; refere-se ao «sentido ou significado que uma acção ou conjunto de acções tem para aqueles que agem dessa maneira» (Erickson, 1992, p.9).

Deste modo, as pessoas atribuem significados simbólicos às acções dos outros e desenvolvem as suas próprias acções de acordo com as interpretações de significados que fizeram. Estas interpretações de significados são sempre o resultado de escolhas pessoais na cadeia de interacção social e são sempre passíveis de reinterpretação e mudança (Erickson, 1986).

Tomando como base estes pressupostos, a explicação causal no domínio social não se pode basear apenas em semelhanças observadas entre comportamentos anteriores e

posteriores, mesmo se a correlação entre eles é forte. Deve incluir, sobretudo, a identificação e interpretação dos significados dos actores.

A própria noção de uniformidade comportamental está, pelas mesmas razões, posta em causa e, conseqüentemente, a noção de generalização. A aparente uniformidade comportamental é considerada uma "ilusão": numa determinada acção não se pode assumir que os comportamentos de dois indivíduos - actos físicos com forma semelhante- têm o mesmo significado para ambos (Erickson, 1986).

Neste contexto, uma metodologia quantitativa fundamentada na análise das características exteriores e objectiváveis da acção humana, na construção precisa de instrumentos e na eliminação da contaminação das fontes de tratamento, não se afigura apropriada ao nosso estudo e, portanto, à obtenção de um conhecimento descritivo e compreensivo «que sendo intuitivo e sintético, proporciona a apreensão global do sentido de um objecto enquanto totalidade» (Carvalho, 1988, p.19).

Tão pouco se afigura apropriada a utilização do método experimental que, traduzindo-se, basicamente, «na aplicação de um tratamento, controlada pelo experimentador, aos sujeitos experimentais, podendo as conseqüências desse tratamento ser empiricamente observáveis» (Jesuino, 1986, p.218), visa a verificação ou testagem de hipóteses sobre relações causais entre variáveis, o que não constitui objecto deste estudo.

O que está em causa é o estudo das pessoas na sua totalidade, na sua singularidade específica, sem as manipular experimentalmente. A sua abordagem pressupõe uma metodologia qualitativa, cujo objecto de investigação é «a acção e não o comportamento» em que a acção é não só o comportamento (o acto físico), mas também «o significado construído pelo actor e por aqueles com os quais o actor interage» (Erickson, 1986, p.127).

Trata-se, assim, de descobrir os dados implícitos que dão sentido e significação às suas condutas específicas, o que só se poderá fazer reconstruindo do interior a lógica própria das situações, tal como é percebida e vivida pelos próprios actores (Crozier e Friedberg, 1977).

Embora neste estudo o foco da investigação esteja no sujeito, isso não significa que não se reconheça a importância dos contextos em que a sua acção se desenvolve. De facto, concordamos com Boudon quando afirma que «as acções dos indivíduos não podem ser compreendidas senão por referência ao contexto social no interior do qual eles se situam» (Boudon, 1979, p.50). Contudo, como realça este sociólogo, isso não

significa que o contexto social «determine de alguma maneira o seu comportamento: cada um dos actores, segundo a sua personalidade, as suas atitudes face ao risco, as suas ambições, a sua informação sobre os dados da situação, ..., esforça-se por tomar a decisão mais conveniente em face dos seus interesses tal como ele os concebe» (ibid., p.50). A liberdade do actor é, assim, gerida num determinado contexto social, que lhe impõe determinados limites de acção, estabelecidos pelos constrangimentos inerentes ao próprio contexto em que a acção se desenvolve.

Assumindo estes pressupostos, parece-nos pertinente referir que, não menosprezando as características estruturais do contexto em que os actores se movem e dados os objectivos desta investigação, ao pretendermos compreender as representações dos professores e, portanto, aceder aos sentidos que cada professor atribui às suas acções - significados, concepções, valores - isso pressupõe um contexto discursivo, pelo que se utilizará a entrevista como um meio de recolha destes dados.

Por outro lado, ao pretendermos caracterizar as práticas de ensino, relacionadas com o trabalho experimental, que os professores protagonizam num determinado contexto e explorar possíveis relações entre estas e as suas representações, a observação de aulas surge-nos como um meio pertinente de recolha destes dados.

A importância de possuir dados provenientes daquilo que os professores dizem e daquilo que os professores fazem é realçada por vários autores, como Pajares (1992), Pomeroy (1993, 1993a), em especial quando se trata do estudo de representações, na medida em que permite comparar as informações recolhidas por expressão verbal com dados observacionais das suas práticas de ensino.

Assim, a confrontação dos dois tipos de dados poderá contribuir para detectar concepções sustentadas, mas não verbalmente expressas pelos professores e para explorar possíveis relações (de consistência ou inconsistência) entre as representações e as práticas.

A observação directa de aulas incidindo sobre a realização de actividades experimentais torna-se ainda particularmente pertinente quando, como no caso do presente estudo, se pretende caracterizar as práticas de trabalho experimental dos professores envolvidos.

2 - Métodos de recolha de dados

Como instrumentos de recolha de dados optou-se, como atrás referido, por entrevistas semi-estruturadas e observação directa de aulas, tendo também sido analisadas fichas de apoio às actividades experimentais realizadas (quando existiam).

Toda a recolha de dados foi realizada directa e pessoalmente pela investigadora através da observação de duas sequências de aulas consecutivas de duração variável, correspondentes à realização de duas actividades experimentais, de cada um dos cinco professores envolvidos neste estudo, seguida da realização de uma entrevista a cada um deles.

Os sujeitos de investigação foram cinco professores do 4º grupo A, que leccionavam a disciplina de Física-Química no 3º ciclo do Ensino Básico ou Ensino Secundário, em Escolas Secundárias do Distrito de Setúbal. Três pertenciam à mesma escola e cada um dos outros dois pertencia a uma escola diferente.

Dada a dificuldade sentida em os professores se disponibilizarem para a observação das suas aulas, a escolha dos sujeitos de investigação não obedeceu a quaisquer critérios definidos previamente, a não ser o facto de realizarem actividades experimentais nas suas aulas e se disponibilizarem a participar neste estudo.

No primeiro contacto pessoal foram explicitados, em termos gerais, os objectivos do estudo e estabelecido uma espécie de contrato verbal entre a investigadora e cada um dos professores sobre os compromissos de cada um dos participantes. Foi também elaborado um plano geral, provisório, de trabalho para a recolha de dados.

O facto de todos pertencerem a Escolas do Distrito de Setúbal prende-se sobretudo com as razões atrás enunciadas e por ser este o distrito onde a investigadora tem desenvolvido a sua actividade profissional, o que à partida facilitaria o contacto com os sujeitos de investigação.

Todas as entrevistas foram realizadas na Escola onde o professor leccionava, num gabinete ou numa sala de aula disponível, em horário estabelecido de comum acordo.

Anteriormente à realização das entrevistas e à observação de aulas foi feito um estudo prévio, que consistiu na realização de uma entrevista a uma professora não participante na investigação e na observação de quatro aulas, envolvendo a realização de uma actividade experimental, de uma outra professora também não participante na investigação. Estas duas professoras leccionavam também a disciplina de Física-Química

do 3ºCiclo do Ensino Básico e do Ensino Secundário, em Escolas do Distrito de Setúbal.

O objectivo deste estudo prévio foi, sobretudo, analisar a adequabilidade e a pertinência das questões, a incluir num guião de entrevista, face aos objectivos da investigação e adquirir alguma prática na condução de uma entrevista e no registo de dados de observação de aulas.

2.1- Entrevistas

O método⁹⁶ da entrevista é considerado como privilegiado para o estudo de «variáveis complexas que não se podem compreender senão através da elaboração de um discurso» (Chauchat, 1985, p.150), como é o caso das representações..

Também outros autores (Blanchet, 1983; Merriam, 1991) ressaltam a importância deste método para a obtenção dos pensamentos dos sujeitos em relação a uma determinada realidade.

Uma entrevista é uma situação face-a-face, que de acordo com Ghiglione e Matalon (1978), envolve uma conversa com um objectivo. Ao contrário do questionário, numa entrevista o sujeito não é constrangido a definir-se em relação a esquemas de pensamento pré-estabelecidos, à representação mental de um fenómeno elaborada pelo investigador.

Mas, para que as entrevistas sejam úteis, devem permitir ao investigador uma «viagem pela interioridade dos actores» (Crozier e Friedberg, 1977, p.458). No mesmo sentido Chauchat refere que, se trata de observar as representações, as concepções do próprio sujeito que fundamentam determinadas práticas, é necessário usar um método que permita ao entrevistado uma formulação mais pessoal, «exprimir-se nos seus próprios termos, utilizar os seus próprios conceitos (...) e o tipo de raciocínio que é o seu (...)» (Chauchat, 1985, p.151).

Isto pressupõe uma determinada modalidade de aplicação, assim como determinadas características estruturais associadas às diversas técnicas de entrevista que se podem

⁹⁶ Para uns autores a entrevista é considerada como um método (por ex. Chauchat, 1985), enquanto para outros é simplesmente uma técnica (por ex. Simonot, 1978), um meio, entre outros, de recolha de dados. Consideramos a entrevista como um método na medida em que integra elementos epistemológicos e metodológicos e determinadas técnicas de abordagem.

estabelecer. As características técnicas das entrevistas prendem-se com a atitude do entrevistador e a sua estruturação.

A maior ou menor directividade⁹⁷ de uma entrevista é normalmente identificada com a maior ou menor liberdade dada à pessoa inquirida de escolher o ponto de vista segundo o qual responderá, os temas a abordar e os termos que utilizará.

Outra noção que desempenha um papel importante na distinção dos vários tipos de entrevista é a noção de ambiguidade, definida como «a ausência de um quadro de referência imposto» (Ghiglione e Matalon, 1970, p.76). Assim, de acordo com o grau de ambiguidade, ou seja, a imposição ou não de um quadro de referência estruturante, podem-se identificar três tipos de entrevistas: a entrevista não-directiva ou não estruturada, a entrevista semi-directiva ou semi-estruturada e a entrevista directiva ou estruturada.

De forma resumida, pode dizer-se que no caso de uma entrevista não-estruturada o investigador propõe um tema que o sujeito desenvolve livremente. As intervenções do investigador no decurso da entrevista visam sobretudo refocar e encorajar o entrevistado, não introduzindo nova informação nem novas orientações.

No caso da entrevista semi-estruturada, existe à partida um esquema, mas a ordem e maneira como os temas são introduzidos é livre. Se o entrevistado não abordar espontaneamente alguns temas do esquema o entrevistador pode colocar-lhos. Este esquema da entrevista é designado por Patton (1980) por guião geral da entrevista. De acordo com este autor, este guião da entrevista é um conjunto de questões que devem ser exploradas ao longo da entrevista, de modo a que todos os tópicos relevantes sejam abordados. Por outro lado, o guião tem por função assegurar que, basicamente, seja obtida dos entrevistados informação sobre os mesmos temas. Dentro de cada tema, o entrevistador pode colocar outras questões com vista à sua clarificação e aprofundamento, assemelhando-se neste caso às características da entrevista não-estruturada.

Nas entrevistas estruturadas ou directivas, semelhantes a um questionário com questões abertas, o quadro de referência está perfeitamente definido, pelo que a ambiguidade, no sentido atrás descrito, inerente a estas entrevistas é praticamente

⁹⁷ Os termos directividade e não-directividade usados, têm a ver com a atitude do entrevistador. A atitude não-directiva foi definida por Carl Rogers no âmbito da psicoterapia e, posteriormente, adoptada no quadro da entrevista de investigação.

inexistente. Nestas entrevistas as questões e a ordem pela qual devem ser colocadas são estabelecidas à partida.

Dadas estas características gerais dos diversos tipos de entrevistas, optou-se pela realização de entrevistas semi-estruturadas por parecer que permitiriam fazer emergir as perspectivas e experiências dos professores em relação a determinados temas considerados relevantes face aos objectivos do presente estudo.

Contudo, apesar das potencialidades reconhecidas, por diversos autores, à entrevista, enquanto abordagem metodológica que pode contribuir para a compreensão das representações dos professores, a aplicação deste método rodeia-se de algumas dificuldades⁹⁸.

A entrevista, considerada uma situação de interacção social, levanta vários problemas metodológicos ao nível da relação que se estabelece entre o entrevistador e o entrevistado e da sua influência sobre o que é dito por este. A este propósito, Ghiglione e Matalon (1978) afirmam que «não existe não-directividade absoluta» pois que, «no quadro de uma entrevista, o sujeito não é "livre" de dizer o que quer, na medida em que é condicionado pelos componentes do que se convencionou chamar a situação de entrevista» (ibid., p.62).

Deste modo, dada a importância do entrevistador/investigador na condução deste método de investigação, vários autores (Merriam, 1991; Ghiglione et Matalon, 1978; Blanchet, 1985; ...) consideram que o tipo e a "qualidade" da informação obtida numa entrevista está largamente dependente do entrevistador. Neste sentido, preconiza-se que o entrevistador assuma uma atitude não-directiva⁹⁹, com vista minimizar os constrangimentos inerentes a esta situação de interacção social e facilitar a expressão do entrevistado, mostrando que o escuta e compreende o seu ponto de vista, o seu quadro de referência e os seus valores pessoais.

Todavia, não está aqui em causa a identidade do entrevistador, dada a irredutibilidade das pessoas entre si: uma pessoa não se pode reduzir à outra, nem reduzir a outra a si

⁹⁸ . Esta temática é desenvolvida nomeadamente por Blanchet (1983, 1985) e Chauchat (1985).

⁹⁹ . Segundo Chauchat, a atitude não-directiva pode ser definida como «uma atitude de escuta, no quadro da qual as intervenções do entrevistador não visam orientar as respostas do entrevistado mas a sua livre expressão» (Chauchat, 1985, p.159). Trata-se de uma variável complexa que pressupõe, segundo este autor, a empatia definida como a capacidade de compreender o que o outro sente e a aceitação incondicional que envolve uma atitude de disponibilidade e de aceitação do outro.

(Lerbet, 1981; Rogers, 1971). Significa que, na relação entrevistador /entrevistado, aquele não procura impor o seu ponto de vista: «escuta o mais empaticamente possível - ele reformula, elucida mas não julga» (Lerbet, 1981, p.126). Deste modo, adoptar uma atitude não-directiva não é o mesmo que adoptar uma atitude de não-intervencionismo, de passividade.

Neste contexto, em que o investigador constitui também um instrumento de investigação, importa considerar que os dados de uma entrevista são determinados pela situação de interacção social em que ocorre e que a sua análise deve ter em conta essa mesma situação. O conjunto complexo de factores que condicionam as respostas do sujeito deve ser tido em conta, não para os anular ou limitar, mas para avaliar o seu impacto: «as características do observador não devem ser consideradas como factores que parasitam a observação, mas como variáveis da situação de observação» (Chauchat, 1985, p.176).

2.1.1 - Planificação e realização das entrevistas

Antes da realização das entrevistas procedeu-se à elaboração de um guião.

Tal não é tarefa fácil, na medida em que pressupõe várias tomadas de decisão, nomeadamente sobre quais as questões a incluir, como formulá-las, como sequenciá-las e qual o nível de especificação desejado, em que o factor tempo tem uma intervenção considerável. Assim, só após a revisão bibliográfica sobre o tema e a elaboração do quadro teórico de suporte desta investigação é que se elaborou uma primeira versão do guião, que sofreu diversas alterações até se obter a sua forma final (ver anexo 1). Algumas destas alterações resultaram do estudo prévio anteriormente referido e incidiram sobretudo na reformulação de algumas questões ao nível da linguagem utilizada e da sua sequenciação.

Face aos objectivos e questões orientadoras desta investigação pretendia-se recolher informação que nos permitisse aceder às perspectivas dos professores sobre a natureza da ciência, nomeadamente sobre os seus produtos e os seus processos, bem como às suas perspectivas sobre a natureza do trabalho experimental. Assim, foi feito um levantamento de questões a abordar contemplando duas grandes áreas (a natureza da ciência e o trabalho experimental na educação em ciência), a partir das quais se elaborou o guião da entrevista.

Dado que se pretendia aprofundar o mais possível as ideias dos professores relativamente a estas duas áreas, decidiu-se elaborar dois tipos de questões: 1) questões abertas, suficientemente amplas, que possibilitassem ao professor desenvolver, de uma forma tão livre quanto possível, as suas ideias relativamente ao tema em questão (questão introdutória a cada tema abordado); 2) questões mais estruturadas, com diferentes níveis de abertura, construídas a partir de afirmações ou posições epistemológicas diferentes relacionadas com um determinado tema ou sub-tema, que requeriam o seu comentário ou uma reacção, com vista a clarificar e aprofundar os pontos de vista dos professores relativamente a determinados aspectos considerados não esclarecidos na exploração das questões mais abertas.

Assim, em relação à natureza da ciência foram incluídas no guião três questões abertas e oito questões mais estruturadas, que incidiam sobre sub-temas que importava explorar ou, simplesmente, constituíam uma outra forma de explorar o tema focado por uma questão mais aberta. Relativamente à natureza do trabalho experimental, foram incluídas no guião três questões mais abertas e duas questões mais estruturadas.

A título de exemplo, e em relação à natureza da ciência, apresentam-se uma questão mais aberta e três questões mais estruturadas, relacionadas com o mesmo tema:

A. «Em sua opinião, como se processa a actividade científica?»

B. «A actividade científica é comumente referida como uma actividade que faz uso de um método científico concebido como uma sequência de etapas hierarquicamente organizadas e bem definidas: observação, hipóteses, experimentação, resultados, interpretação, conclusões.

No entanto, há quem refute esta concepção de método científico, contrapondo que a actividade científica é uma actividade de resolução de problemas, em que os métodos a usar dependem do tipo de problemas de que se parte.

Em sua opinião, qual destas concepções traduz melhor o modo de produção do conhecimento científico?»

C. «Há quem afirme que o conhecimento deriva directamente da observação dos fenómenos. O que pensa sobre este assunto?»

D. «Em sua opinião, qual é o papel da experimentação no processo de produção do conhecimento científico (na actividade científica)?»

Com a questão mais aberta (A) que incidia sobre a natureza da actividade científica, pretendia-se que cada professor expusesse os seus pontos de vista sobre os processos e métodos de produção do conhecimento científico. As questões mais estruturadas (B), (C) e (D) incidiam sobre algumas vertentes da actividade científica, respectivamente as características dos seus métodos e o papel e estatuto da observação e da experimentação na produção do conhecimento científico. Assim, estas últimas questões só seriam colocadas aos professores, quando estes aspectos não tivessem sido claramente abordados através da exploração da questão (A) ou quando se sentia a necessidade de os clarificar e aprofundar.

Todas as entrevistas foram directa e exclusivamente conduzidas pela investigadora, que procedeu ao seu registo áudio e que posteriormente transcreveu na íntegra. A entrevista feita a cada um dos professores ocorreu depois de ter terminado a observação das suas aulas.

As entrevistas eram, como já se referiu, semi-estruturadas com questões tendencialmente abertas, servindo o guião sobretudo como referência e não como um plano rígido a seguir. Por essa razão, ainda que de um modo geral tivessem sido colocadas todas as questões incluídas no guião, foram-no em alturas diferentes e nem sempre pela mesma ordem. Houve alguns casos em que nem todas as questões previstas inicialmente foram colocadas, por não se ter considerado necessário, dadas as razões atrás expostas.

Antes do início propriamente dito da entrevista, e com vista a promover uma interacção prévia e um conhecimento mútuo, ocorreu com cada um dos professores uma conversa informal, predominantemente sobre a formação inicial, o percurso profissional e outras experiências de formação consideradas significativas pelo professor.

As entrevistas, dado o seu carácter pouco estruturado e devido ao facto de se ter procurado que as questões surgissem de forma articulada com as respostas dadas pelo entrevistado, assumiram a forma de longas conversas, cuja duração variou consoante o professor, oscilando entre cerca de duas horas e duas e meia aproximadamente.

Dado que cada questão incluída no guião foi escrita num cartão, sempre que se pretendia colocar uma determinada questão no decurso das entrevistas era dado ao professor o respectivo cartão, depois de se fazer uma pequena introdução que, no

fundo, servia de ligação com o que o professor tinha dito anteriormente e ajudava a que a "conversa" fluísse o mais naturalmente possível. Normalmente o professor lia a questão para si, ou em voz alta, e começava a responder quando achava oportuno.

A opção por este procedimento deveu-se ao facto de, aquando do estudo prévio, se ter constatado que, pelo facto de algumas questões terem um texto um pouco longo, se tornava por vezes difícil ao entrevistado compreender a globalidade da questão. Por outro lado, pareceu-nos que deste modo seriam dadas mais possibilidades ao entrevistado de analisar e reflectir sobre cada uma das questões colocadas e ter sempre presente a questão no decurso da elaboração do seu discurso.

Todas as questões do guião que foram colocadas constituíram pontos de partida para uma exploração e discussão mais profunda sobre os temas em estudo.

No decurso da realização de cada entrevista procurou-se assumir uma atitude de escuta, de compreensão e de interesse por aquilo que o professor dizia, de modo a que este se sentisse à vontade para expressar livremente o que pensava, o que na globalidade das entrevistas parece ter sido conseguido. Embora, de forma geral, todos os professores correspondessem bem às entrevistas, respondendo de forma bastante completa às questões colocadas, notou-se haver algumas dificuldades em falar sobre a ciência, em especial no caso de dois professores entrevistados que, quando confrontados com questões sobre este tema, demoravam a responder, hesitavam ou referiam (por diversas vezes) que «isso é muito complicado».

2.2 - Observação de aulas

A observação, de acordo com Ghiglione e Matalon (1978), pode ser definida como um olhar intencional lançado sobre uma situação, sem que esta seja modificada. Ao pretender-se recolher dados relativos a uma situação, a intencionalidade que preside à sua observação é, segundo estes autores, de natureza muito geral, incidindo sobre a escolha da situação e não ao nível do que deve ser observado.

Na observação o principal instrumento de pesquisa é o investigador, não só porque exige a presença directa deste na recolha de informações, mas, sobretudo, como salienta Costa (1986), porque mesmo em situações que se pretendem altamente impessoais não é negligenciável o impacto do investigador no contexto social observado.

Na mesma linha, Devereux (1980) considera que «o especialista do comportamento não pode fingir desconhecer a interacção do sujeito e do observador ...» (ibid., p.18). O

observador perturba o desenrolar normal dos acontecimentos e a estrutura habitual das relações, de tal modo que o acontecimento observado não se desenvolve da mesma maneira que na ausência do observador.

Neste sentido, pode dizer-se que a observação directa, normalmente designada por observação não participante, é, de algum modo, participante (Costa, 1986).

Segundo Costa, a designação "observação directa" é normalmente usada, num sentido restrito, para designar o conjunto das técnicas de observação visual e auditiva e que não envolvem interacções verbais específicas com o observador. Por seu turno, a "observação participante" designa, num sentido mais lato, um tipo de observação directa que envolve a presença prolongada e continuada do observador no contexto social em estudo, em contacto directo com as pessoas e as situações (Costa, 1986). Em ambos os casos, os procedimentos de observação são interferentes com a situação em estudo, (talvez mais no segundo caso do que no primeiro) mas esta interferência não constitui, segundo Costa, um obstáculo ao conhecimento. Portanto, a questão não está em evitar a interferência, mas em a ter em consideração na produção e análise dos dados.

No caso da presente investigação utilizou-se a observação directa. A pertinência da sua utilização é realçada, por exemplo, por Goetz e LeCompte (1984) que consideram que, não sendo uma técnica exploratória e não devendo ser usada como instrumento único de recolha de informação, é uma técnica adequada quando se pretende obter dados compreensivos, detalhados e representativos dos comportamentos dos sujeitos.

Por outro lado, a observação, ao permitir um contacto mais directo com a realidade em que a prática de cada professor se desenvolve, possibilita uma maior aproximação aos pontos de vista do professor relativos a essa realidade e a essa prática.

2.2.1- Planificação e realização da observação de aulas

A observação de aulas constituiu a primeira forma de recolha de dados que foi utilizada com cada um dos professores. Dado que se pretendiam observar duas sequências de aulas de cada um dos professores, relativas à realização de duas actividades experimentais, a sua marcação revelou-se, nalguns casos, um pouco difícil, uma vez que dependia da realização dessas actividades. Desta forma, o processo de recolha de dados, que se revelou moroso, decorreu durante todo o segundo período e parte do terceiro período do ano lectivo de 1993/94.

A preparação da observação envolveu a definição do que e quando observar, bem como a definição das suas finalidades, a tomada de decisão relativamente ao tipo de registo a efectuar e o treino da investigadora na recolha deste tipo de dados.

Ao pretender-se observar as práticas de trabalho experimental em sala de aula, considerou-se pertinente incidir a recolha de dados sobre um conjunto de aulas que envolvesse a preparação da actividade, a sua realização propriamente dita e a sua conclusão. Face a esta decisão, solicitou-se aos professores envolvidos autorização para a observação de duas sequências de aulas relativas à realização de duas actividades experimentais, que deveriam ocorrer, de preferência, no contexto de uma determinada unidade de ensino. Globalmente o estudo foi referenciado a um conjunto de aulas consideradas necessárias por cada um dos professores, de modo a envolverem as três fases de desenvolvimento já referidas e tendo em conta as suas disponibilidades. Desta forma, a observação nem sempre incidiu sobre aulas relativas à mesma unidade de ensino mas, devido à altura em que ocorreram, todas elas recaíram sobre conteúdos no âmbito da Física, em turmas do 3º Ciclo (9ºano) no caso de três dos professores envolvidos, e em turmas do Ensino Secundário (10ºano) no caso dos outros dois professores.

O número de aulas observado variou consoante o professor, tendo oscilado entre quatro aulas (quatro horas) a dez aulas (quinze horas) no conjunto das duas sequências. Mais concretamente, foram observadas cinco aulas de três professoras, em que o número de horas variou entre cinco e seis; quatro aulas de outra professora e dez aulas, com a duração de quinze horas, de um professor. Foram, assim, observadas aulas num total de trinta e cinco horas.

A selecção dos tópicos sobre os quais incidiram a realização das actividades experimentais e a turma a observar foi da responsabilidade de cada um dos professores. A investigadora apenas interveio na escolha do nível de ensino, quando isso foi possível, de forma a minimizar a diversidade temática das actividades a observar.

Para a preparação da recolha de dados, tendo em conta os objectivos da investigação e o quadro teórico de suporte, definiram-se um conjunto de finalidades de observação, corporizadas em questões, que se julgaram pertinentes para a caracterização e compreensão das práticas de trabalho experimental protagonizadas pelos professores:

A. Qual é o contexto global em que se desenvolve a actividade?

a1. Onde é que decorre a actividade? que recursos são usados? Há limitações de recursos? Quais são as condições físicas dos laboratórios?

a2. Quais são as características globais da turma?

a3. Como se articula a actividade proposta com o trabalho desenvolvido anteriormente?

(...)

B. Qual é a estrutura global de uma actividade experimental?

b1. Como é a rotina de uma sequência de aulas relativas à realização de uma actividade experimental? Como se inicia, como se desenvolve e como termina?

b2. O que fazem os professores e os alunos?

(...)

C. Qual é a natureza do processo?

c1. Quais os elementos característicos das actividades experimentais realizadas?

c2. Qual o espaço de participação dos alunos? Que autonomia? Qual o nível de controle do professor e dos alunos sobre os diversos elementos da actividade?

c3. Como é feita a exploração dos resultados experimentais?

(...)

D. Qual o papel das actividades experimentais?

d1. Que funções desempenham as actividades realizadas?

d2. Que tipos de actividades são desenvolvidas?

Estas finalidades destinaram-se fundamentalmente a orientar a observação das aulas. Face à sua amplitude não se considerou pertinente focar a observação em determinados aspectos específicos, nem fazer a definição precisa de indicadores de observação. Deste modo, a observação foi realizada sem o recurso a grelhas ou outro material específico. Procedeu-se a um registo livre e sequencial, com vista à apreensão da globalidade das aulas.

Com o estudo prévio, que envolveu a observação de quatro aulas relativas à realização de duas actividades experimentais numa turma do 9º ano, de uma professora não participante no estudo principal, constatou-se da adequação e pertinência quer das finalidades definidas, quer da modalidade de observação e do registo adoptados.

Para realizar a observação de aulas, a investigadora entrava sempre na sala com o professor e sentava-se numa mesa que tivesse um lugar disponível, normalmente na parte posterior da sala. No intervalo anterior à aula a observar, foi sempre possível

encontrar o professor e conversar um pouco sobre os alunos, o trabalho, a escola, etc. Sempre que existiam fichas experimentais de apoio às actividades, os professores tomavam a iniciativa de oferecer um exemplar à investigadora.

Em termos do grau de participação há que ressaltar que, embora a investigadora tentasse que a sua presença fosse o mais discreta possível sem, contudo, procurar adoptar uma atitude distante, frequentes vezes os professores se lhe dirigiram, conversando sobre o decorrer da aula, enquanto os alunos desenvolviam a sua actividade. De igual modo, alguns alunos mais próximos colocavam-lhe, de vez em quando, uma dúvida relativamente ao trabalho que estavam a fazer. Assim, e de um modo geral, parece poder dizer-se que não se evidenciaram sinais de perturbação gerada pela sua presença.

Em todas as aulas foram recolhidos dados através de notas registadas pela investigadora. As notas pretendiam captar, da forma mais exaustiva possível, todo o desenvolvimento e sequência da aula. Para além dos registos de tipo observacional, as notas incluíam também alguns comentários de carácter mais interpretativo e até juízos a propósito do que se ia observando.

Com base nas notas recolhidas foram elaborados, imediatamente a seguir, registos que contemplavam os seguintes aspectos: 1) contexto global; 2) descritivo da primeira sequência; 3) descritivo da segunda sequência. No descritivo de cada sequência incluiu-se uma caracterização do contexto específico dessa sequência e registos relativos a cada uma das aulas observadas.

3 - Método de Análise dos dados

Como já se referiu, o conjunto do material compilado é constituído pelos dados obtidos através de entrevistas semi-estruturadas e de observação de aulas. Uma vez que se trata de dados qualitativos (de palavras e não de números), a análise de conteúdo qualitativa surge como uma técnica apropriada para a sua análise.

A análise de conteúdo envolve, segundo Bardin, «um conjunto de técnicas de análise das comunicações visando obter, por procedimentos sistemáticos e objectivos de descrição do conteúdo das mensagens, indicadores (quantitativos ou não) que permitam a inferência de conhecimentos relativos às condições de produção/recepção (variáveis inferidas) destas mensagens»(Bardin, 1991, p. 42).

Vala (1986), referindo Bardin, acentua esta ideia de que a análise de conteúdo não se limita à descrição do conteúdo, salientando a importância da inferência como a fase que permite passar da descrição à interpretação, enquanto atribuição de sentido às características do material já inventariadas e sistematizadas.

No presente trabalho de investigação adoptou-se para análise dos dados, no essencial, um modelo interactivo de análise qualitativa proposto por Miles e Huberman (1984), que consiste em três componentes de actividades concorrentes: condensação dos dados, apresentação dos dados e interpretação/verificação das conclusões. Teve-se também em atenção as sugestões de análise apresentadas por Bardin (1991), nomeadamente para a definição das categorias.

Por comodidade optou-se por fazer em separado a análise dos dados das entrevistas e dos dados de observação.

3.1 - Entrevistas

Após a transcrição das entrevistas, realizada na íntegra pela investigadora e que permitiu um primeiro contacto com os dados, foi feita uma primeira leitura "flutuante" de todas elas. Segundo Bardin (1991), esta leitura flutuante, sendo uma leitura sobretudo intuitiva e muito aberta a todas as ideias, faz emergir impressões e orientações relativamente ao texto em análise. Esta acção foi sendo repetida, integral ou parcialmente, em vários momentos do processo de análise.

Num segundo momento, iniciou-se a fase de condensação e de apresentação dos dados.

Miles e Huberman definem a condensação dos dados como um processo «de selecção, de contração, de simplificação, de abstracção e de transformação do material compilado» (Miles e Huberman, 1984, p.23), que se pode fazer, por exemplo, através de uma selecção do material, redacção de um resumo ou de uma integração num modelo mais globalizante. Segundo estes autores esta componente é já uma forma de análise, que está presente em todas as fases do processo de análise qualitativa.

A apresentação dos dados envolve, de acordo com Miles e Huberman (1984), a estruturação de um conjunto de informações de forma a permitir tirar conclusões e tomar decisões. Esta componente, que está presente em diversos momentos da análise dos dados, assume na perspectiva destes autores um papel relevante no processo de análise, na medida em que, ao possibilitar a representação dos dados de uma forma

esquemática, facilita a planificação de outras análises, a comparação entre diferentes conjuntos de dados e a sua utilização na elaboração das conclusões. A apresentação dos dados em quadros, figuras, gráficos, etc., são considerados modos de apresentação que assumem particular pertinência na fase de tratamento dos dados e na fase de elaboração das conclusões.

No presente trabalho, estas duas componentes estiveram na base da actividade de categorização. Tendo como referência o quadro teórico de partida e os objectivos da investigação desenvolveu-se um trabalho exploratório sobre a transcrição de cada entrevista de modo a estabelecer-se, através de sucessivos ensaios, um plano de categorias. Para o efeito, desenvolveram-se os seguintes procedimentos:

- análise temática de cada transcrição com vista a identificar as "unidades de sentido" (Erickson, 1986). Para tal assinalaram-se passagens significativas em cada uma das respostas às questões incluídas no guião e que foram colocadas no decurso de cada entrevista. Desta análise emergiram temas¹⁰⁰ que permitiram posteriormente uma análise mais detalhada das entrevistas.

- síntese das ideias-chave relativas a cada uma das questões construídas com base nas afirmações e expressões usadas pelo entrevistado, que se foram registando ao lado do corpo principal, numa margem deixada para o efeito. Depois desta análise feita, elaborou-se um quadro-síntese destas informações por questão, para cada um dos professores entrevistados. Todas as afirmações foram referenciadas ao seu contexto de produção, indicando a questão e o parágrafo donde foram extraídas. Com este fim, as questões foram numeradas (Q1, Q2, Q3, ...) de acordo com a sua sequência no guião, bem como todos os parágrafos (cada parágrafo corresponde a uma intervenção da entrevistadora ou do entrevistado).

¹⁰⁰ . A definição de tema é apresentada por Bardin (1991, p.105). Segundo este autor um tema é uma «unidade significação» estabelecida à luz do quadro teórico de partida. Poderá ser uma afirmação acerca de um assunto que poderá corresponder a recortes diversos do texto: ideias constituintes, enunciados ou proposições portadoras de significações isoláveis. Utilizaremos a palavra tema com o sentido de uma afirmação que traduz simultaneamente, uma ideia-chave recortada do texto e proposições constituídas a partir de várias afirmações (estas proposições são assim independentes das questões donde se extraíram as afirmações).

- agrupamento em categorias de temas (proposições) que emergiram da análise das informações contidas nos quadros anteriores. O critério de categorização utilizado foi um critério semântico, no sentido que lhe é atribuído por Bardin (1991), pelo que estas categorias são temáticas.

- elaboração de quadros-síntese dos temas¹⁰¹ (ver anexo 2) que emergiram da análise do conjunto das questões, relativos a cada categoria temática, para cada um dos professores, fazendo-se referência ao seu contexto de produção (indicam-se as questões e os parágrafos donde foram extraídas as informações). A inclusão destas referências ao contexto de produção possibilita a análise, a partir destes dados, da prevalência de determinadas concepções e da sua estabilidade ao longo das diversas questões que foram colocadas.

Uma análise mais aprofundada das entrevistas em relação à natureza da ciência e do trabalho experimental na educação em ciência (as duas áreas consideradas e já referidas anteriormente) foi feita a partir das seguintes categorias:

Área: Natureza da ciência

C1 - Natureza do conhecimento científico

C2 - Produção do conhecimento científico

Área: - Trabalho experimental na educação em ciência

C1 - Ideias de trabalho experimental

C2 - Trabalho experimental como actividade de carácter investigativo

C3 - Valores educativos do trabalho experimental

Para a definição destas categorias, bem como de algumas sub-categorias consideradas, elaborou-se o quadro II, a seguir apresentado, onde se faz a sua sistematização e se indicam alguns exemplos de elementos de referência tidos em conta na sua definição.

¹⁰¹ . Para a apresentação dos dados relativos a cada professor participante elaboraram-se três quadros: um sobre a natureza do conhecimento científico, outro sobre a produção do conhecimento científico e outro sobre o trabalho experimental na educação em ciência. Designaram-se estes quadros por "Quadros-síntese das ideias-chave do(a) professor(a) _____ sobre _____".

<u>Áreas</u>	<u>Categorias</u>		<u>Elementos de referência</u> (exemplos)
Natureza da Ciência	Natureza do conhecimento científico	Ideias de ciência	.Atributos da ciência; .Carácter estático/dinâmico da ciência; .Características distintivas entre ciência e não-ciência.
		Natureza das explicações científicas	.Papel da criação, invenção e descoberta em ciência; .Falibilidade/certeza do conhecimento científico.
		Objectividade da ciência	.Objectividade/subjectividade da ciência; .Dimensão factual/social da objectividade.
	Produção do conhecimento científico	Natureza da realidade	. Relação entre o sujeito e objecto de conhecimento; .O que é a "realidade".
		Progresso da ciência	.Carácter cumulativo e continuista/descontinuista; .Características do processo de evolução;
		Natureza do processo	.Como e quem produz o conhecimento científico; .Características do(s) método(s) da ciência; .Estatuto da observação e da experimentação; .Origem e papel das hipóteses.
Trabalho Experimental na Educação em Ciência	Ideias de trabalho experimental	.Atributos do trabalho experimental; .Elementos característicos (etapas consideradas); .Papel do professor e dos alunos.	
	Trabalho experimental como actividade de carácter investigativo	.Relação entre características do trabalho científico e características de uma actividade experimental investigativa; .Natureza do processo; .Papel da observação e experimentação; .Relevância.	
	Valores educativos do trabalho experimental	.Papel do trabalho experimental no ensino e aprendizagem das ciências; .Funções educativas (formativas).	

QUADRO II

3.2 - Observação de aulas

O processo de análise de conteúdo dos dados de observação apresenta semelhanças com o processo anterior.

O material a analisar era constituído, neste caso, pelos registos elaborados pela investigadora com base nas notas tiradas aquando da observação das aulas de cada um dos professores participantes. Estes registos de tipo sequencial foram organizados, como já se referiu, em torno dos seguintes aspectos: o contexto global, o descritivo da primeira sequência e o descritivo da segunda sequência. Deste modo, a sua elaboração corresponde já a uma primeira fase de condensação de dados, em que após diversas

leituras das notas de tipo observacional e comentários elaborados pela investigadora no momento da observação, se procedeu ao seu rearranjo e condensação, de forma a facilitar a sua leitura e compreensão. Assim, para além de uma breve caracterização do contexto em que ocorreram as duas sequências, fez-se uma caracterização sumária do contexto específico de cada uma delas e elaborou-se um descritivo para cada uma das aulas observadas.

A partir desta primeira análise dos dados dos registos de cada um professores e tendo como referentes o quadro teórico, os objectivos de investigação e as finalidades de observação previamente definidas emergiu um sistema de categorias de análise, categorias temáticas, que se encontram sistematizadas no quadro III, a seguir apresentado. Incluem-se também neste quadro alguns elementos de referência tidos em conta na definição das categorias e sub-categorias.

<u>Área</u>	<u>Categorias</u>		<u>Elementos de referência</u> (<u>exemplos</u>)
Prática em sala de aula	Estrutura global das actividades experimentais	Rotina	Como se introduz, se desenvolve e se conclui a actividade experimental; .Ambiente da sala de aula; .O que fazem o professor e os alunos (em termos gerais).
		Elementos característicos	.Etapas consideradas na realização das actividades; .Papel da observação/experimentação.
	Natureza do processo	Papel do professor	.Nível de controle do professor em todas as fases de desenvolvimento das actividades; .Tipo de interacção que estabelece com os alunos.
		Papel dos alunos	.Nível de controle dos alunos ao nível da preparação, realização e conclusão das actividades; .Tipo de interacção que estabelecem com o professor e entre si.
		Características do processo	.Grau de abertura da actividade; .Estrutura e flexibilidade.
	Papel das actividades experimentais	Funções e objectivos.	.Propósitos das actividades no contexto da unidade de ensino.
		Tipos de actividades.	.Características globais das actividades.

Quadro III

Estas categorias foram depois validadas através do confronto com a globalidade dos registos elaborados para cada um dos professores participantes.

Após a definição das categorias elaborou-se um quadro-síntese dos temas¹⁰² (ver anexo 2) que emergiram da análise dos registos de observação, relativos a cada categoria temática, para cada um dos professores. A apresentação destes dados implicou já a sua estruturação de forma a poder permitir tirar conclusões e constituiu uma ferramenta fundamental em todo o processo de análise.

A componente do processo de análise designada, por Miles e Huberman (1984), por elaboração e verificação das conclusões, traduziu-se no caso do presente trabalho de investigação sobretudo na interpretação dos resultados (elaboração das conclusões), dado que não foi possível voltar ao "terreno" para confrontar os sujeitos de investigação com conclusões e questões suscitadas pelo presente estudo. No entanto, foram diversas as incursões aos textos das entrevistas e registos de observação, a fim de se avaliar a adequabilidade e pertinência das interpretações e conclusões elaboradas.

Uma análise mais aprofundada dos dados de investigação recolhidos, textos das entrevistas e registos de observação, foi feita a partir dos dois sistemas de categorias considerados e dos quadros-síntese de informação, atrás referenciados. Esta análise constitui o objecto do próximo capítulo.

¹⁰² . Designaram-se estes quadros por "Quadros-síntese de dados de observação da prática em sala de aula do(a) professor(a) _____".

CAPÍTULO 3 - ANÁLISE E INTERPRETAÇÃO DOS DADOS

A componente empírica da nossa investigação compreende dois conjuntos de dados: os conteúdos de cinco entrevistas e os conteúdos dos registos de observação de aulas correspondentes a trinta e cinco horas de observação.

Neste capítulo serão analisados e interpretados estes dados com o objectivo de caracterizar e compreender as práticas de trabalho experimental em sala de aula dos professores participantes neste estudo e evidenciar os sentidos que poderão estar subjacentes a estas práticas, através da compreensão das suas representações pedagógicas de trabalho experimental e da exploração de possíveis relações entre estas e as suas representações pessoais sobre a ciência.

Iniciar-se-á este capítulo com a apresentação de alguns dados sobre os professores participantes.

Em seguida, proceder-se-á a uma análise dos dados recolhidos com vista à caracterização das representações pessoais dos professores sobre os temas em estudo e das suas práticas em sala de aula relacionadas com a realização de trabalho experimental. A exploração de possíveis relações entre as representações pessoais de ciência e as suas representações pedagógicas de trabalho experimental, bem como entre estas e as suas práticas será incluída na conclusão da terceira parte deste trabalho.

1 - Alguns dados sobre os professores participantes

Os dados sobre os professores participantes neste trabalho de investigação, recolhidos aquando da realização das entrevistas, encontram-se sistematizados no quadro IV (a seguir apresentado) em torno de três aspectos: formação inicial; experiência profissional (operacionalizada em termos de anos de serviço docente) e experiências significativas de formação.

Atendendo a estes dados, pode-se considerar que, dos cinco professores participantes, três possuem como formação inicial uma licenciatura de ensino e os outros dois possuem uma formação inicial não vocacionada para o ensino.

No que diz respeito à experiência profissional, se se considerar professores com experiência aqueles que leccionam há mais de cinco anos, pode-se dizer que participaram neste estudo quatro professores com experiência e um sem experiência.

Quanto às experiências significativas de formação, referenciadas pelos professores, destaca-se Catarina com um percurso de formação e profissional mais rico, marcado pela frequência de diversas acções de formação, orientação de estágios em vários programas de formação de professores, implementação de experiências pedagógicas e participação na gestão escolar, seguida de António que, para além da frequência de diversas acções de formação, participou na implementação de algumas experiências pedagógicas. Com percursos de formação e profissionais menos ricos surgem Leonor, Maria e Rosa. Uma nota interessante a registar tem a haver com o facto de alguns dos professores indicarem a

sua própria prática lectiva como uma das mais relevantes experiências significativas para a sua formação.

Professores 104	Formação inicial	Experiência profissional (anos de serviço docente)	Experiências significativas de formação
António	Licenciatura de ensino de Física e Química	.seis anos	.Prática lectiva; participação em vários Congressos organizados pela Sociedade Portuguesa de Física (SPF) e de Química (SPQ); o ter integrado um grupo de apoio a Clubes de ciência na SPF; participação em acções de formação no âmbito do ambiente e outras ligadas à psicologia da adolescência; frequência de um curso de educação ambiental e desenvolvimento de projectos na área do ambiente.
Catarina	Licenciatura de ensino em Física	.vinte anos	.Prática lectiva; participação na gestão de duas escolas (seis anos); orientadora de estágios de vários programas de formação de professores do ramo educacional e profissionalização em serviço; implementação de experiências pedagógicas; participação em congressos organizados pela SPF e pela SPQ e outras acções de formação.
Leonor	Licenciatura em Química Tecnológica	.um ano	.Não frequentou cursos de formação; não é profissionalizada.
Maria	Bacharelato em Engenharia Química	.cerca de dez anos.	.Participação na gestão de uma escola (um ano); estágio; participação em algumas acções de formação sobre o ensino especial e ensino profissional e poucas no âmbito disciplinar.
Rosa	Licenciatura em Química, ramo de Bioquímica (não acabou estágio científico); Licenciatura de ensino em Química.	.cerca de sete anos	.Prática lectiva; participação em algumas, poucas, acções de formação de carácter pedagógico; por vezes consulta algumas revistas no âmbito da educação em ciência.

Quadro IV - Alguns dados sobre os professores participantes

2 - Leitura interpretativa dos dados

A análise dos dados recolhidos foi feita tomando como referência a globalidade do texto de entrevista e dos registos de observação de aulas de cada um dos professores, os quadros de definição das categorias de análise (quadros II e III) e os quadros-síntese de informação das entrevistas e da observação (anexo 2), referidos no capítulo anterior.

Para a apresentação dos dados adoptou-se a forma de texto narrativo correspondente a uma leitura interpretativa por áreas, relativamente a cada um dos professores, dos quadros

104

. Os nomes por que são designados os professores participantes deste estudo são fictícios.

referidos (natureza da ciência, trabalho experimental na educação em ciência e observação de aulas), de modo a evidenciar as suas representações de ciência, as representações pedagógicas de trabalho experimental e a sua prática em sala de aula.

Sempre que se considerou necessário incluíram-se evidências empíricas, constituídas por extractos dos textos das entrevistas e dos registos de observação de aulas que se encontram no volume 2¹⁰⁵.

A inclusão nestes textos narrativos de extractos das entrevistas realizadas é referenciada indicando o seu contexto de produção, colocando-se a seguir a cada um deles um parêntesis com o número da questão e parágrafo donde foi extraído.

Os extractos relativos aos registos elaborados sobre a observação de aulas de cada um dos professores são referenciados colocando-se à frente de cada um deles um parêntesis com a data do registo de aula onde se encontra. Neste caso, os extractos podem referir-se a notas do tipo observacional (diálogos) ou descrições, feitas pela investigadora aquando da elaboração dos registos, relativas a aspectos observados.

2.1 - Professor António

2.1.1 - Representações de ciência

Natureza do conhecimento científico:

Para o professor António, a ciência é um estudo que procura compreender cada vez mais a realidade. Como características específicas deste estudo, refere o carácter formal, matemático e experimental da ciência, que a tornam distinta da não-ciência. Com efeito, para este professor a não-ciência é considerada como uma tradição cultural, oral e informal, ou, como ele próprio diz: «a não-ciência ... é, digamos, o aspecto cultural que o homem tem ... e que é transmitido oralmente ao longo dos tempos, (...) não de uma forma formal (...), mas informal» (Q1,4), e, que «não tem método! ... Ao inferir da realidade, eu não consigo observar, (...), verificar» (Q1,4).

Para António, a especificidade da ciência reside, assim, no facto de ter um método específico, o método científico ou método experimental: «quando nós falamos em ciência nós estamos imediatamente a falar no método que a ciência utiliza, o método experimental!» (Q1,4). O método científico está na base da verificação dos conhecimentos, aspecto que é por si considerado fundamental para a aceitação/validação desses conhecimentos.

¹⁰⁵ . O volume 2, que constitui um volume separado, inclui a totalidade das transcrições completas das cinco entrevistas realizadas junto dos professores e os registos elaborados sobre a observação das suas aulas.

A utilização de extractos obedeceu aos seguintes critérios: 1) Respeitar a pontuação existente nas transcrições das entrevistas e nos registos de aulas; 2) Utilizar (...) para indicar que se omitiu uma parte do extracto utilizado, procurando-se não se deturpar o seu sentido; 3) Utilizar ... para indicar a existência de pausas ou “engasgos” na produção da informação respeitante ao extracto; 4) Escrever dentro de [] verbos com tempos diferentes dos utilizados pelo entrevistado ou palavras de modo a tornar mais compreensível o significado desse extracto.

Por outro lado, António olha a ciência como um processo dinâmico de conhecimento, associando o seu carácter científico a esta dinâmica de mudança: «ao longo do tempo, face às descobertas, ele [o conhecimento] terá que ser constantemente reatualizado para ter o tal carácter que nós designamos de ciência (...)» (Q2,7).

Quanto à natureza das explicações científicas, destaca o carácter racional, lógico e coerente do conhecimento científico, pois que, em sua opinião, é através do racionalismo do homem que se encadeiam com lógica e coerência os factos. Além disso, para este professor não há dúvida de que na ciência não há lugar para a criação, nem para a invenção: «os conceitos vêm por inerência do estudo da realidade, (...) são uma constatação, é quase uma tradução da realidade» (Q2,7).

Deste modo, as explicações científicas assentam em dados que «(...) só podem ser retirados da realidade» (Q2,11), e que resultam de «um estudo detalhado e exaustivo» (Q2,7) de um fenómeno, o que pressupõe, na sua perspectiva, «inventariar hipóteses [a partir da observação] que o tentem explicar» (Q2,11) e a sua posterior verificação por todos, fazendo uso do método científico.

Portanto, tudo parece indicar que António vê o conhecimento científico como um conjunto de afirmações que se fundamentam em dados retirados da realidade, dados esses que têm que ser verificados e traduzidos matematicamente. É neste sentido que se insere a sua afirmação de que «para nós termos uma teoria científica nós temos que ter, (...), factos que estão verificados, que conseguem ser traduzidos matematicamente» (Q8,168).

No entanto, apesar de conceber as explicações científicas como constatações da realidade, de que são quase cópias fiéis, António afirma que o conhecimento científico tem uma natureza hipotética e falível. Estes atributos advêm, em sua opinião, do facto da ciência evoluir e da própria falibilidade das previsões feitas com base nesse conhecimento. Consonante com esta forma de entender a falibilidade, António considera que o conhecimento científico «é um conhecimento relativo, ..., no espaço e no tempo; evolui obrigatoriamente e só assim é que poderá ser aceite como ciência!» (Q3,117). Na mesma linha de pensamento, afirma que uma teoria tem uma certeza momentânea: «num intervalo de tempo relativamente curto, (...), há uma certeza relativa; se nós dilatarmos o intervalo de tempo isso já pode não acontecer» (Q3,119).

O conhecimento científico é também objectivo, na medida em que corresponde a uma transcrição objectiva, a uma tradução matemática da realidade donde estão ausentes valores, pois como refere «se eu não faço essa leitura da realidade, objectiva, se eu entro com factores culturais, (...), eu não consigo fazer ciência porque eu depois não consigo traduzir [matematicamente] isso!» (Q5,127).

A objectividade decorre assim, para António, da objectividade dos próprios factos, obtidos a partir de investigações objectivas, ou seja, de estudos pormenorizados e exaustivos que usam métodos para quantificar o mais possível a realidade. Além disso, estes factos objectivos são, em sua opinião, factos verificados e provados em condições experimentais idênticas por diferentes pessoas, fazendo uso do método científico

(Q5,127,140; Q2,11). Contudo, face à evolução constante da ciência, António, à semelhança do que já havia referido anteriormente sobre a certeza momentânea do conhecimento científico, considera que «a objectividade é ela própria relativa, cada vez mais profunda» (Q5,146) perante novos dados.

Produção do conhecimento científico:

A realidade, enquanto objecto de estudo da ciência, é considerada por este professor como algo que é exterior e independente do homem: «a realidade é aquilo que nos rodeia, ..., são os acontecimentos do mundo físico que nos rodeiam» (Q4,49) e que «(...) aconteceram no passado, mas continuam a acontecer no futuro» (Q4,43) independentemente do homem.

Neste contexto e, consistentemente, com a sua ideia global de ciência e da natureza das explicações científicas que ressaltam da análise anteriormente feita, para António a percepção da realidade é sempre racional e objectiva, porque corresponde à tradução matemática dos fenómenos (Q4,23,25).

Estas perspectivas sobre a natureza da realidade e a sua percepção indiciam que António pressupõe a neutralidade do sujeito, a ausência de valores de índole pessoal e social do processo de produção do conhecimento. Todavia, António admite que a percepção da realidade é diferente de sujeito para sujeito, «não é obrigatório que todos tenham a mesma percepção» (Q4,39), referindo que esta depende da «bagagem cultural e científica» (Q4,47) que o sujeito possui num dado momento. Embora esta referência explícita de António sugira que há alguma incoerência na forma como entende o papel do sujeito no processo de conhecimento, todas as outras ideias por si expressas apontam para a sua exclusão do processo de produção da ciência. Esta mesma noção é reforçada por António quando atribui aos factos um papel privilegiado no processo de produção e de progresso da ciência.

Quanto ao progresso da ciência, António, na mesma linha de pensamento já expressa anteriormente, destaca como principais elementos condicionantes da evolução o surgimento de novos factos. Na sua perspectiva, é devido à acumulação de novos factos obtidos por observação/experimentação que a ciência evolui ou, como refere, é por investigação de hipóteses, inferidas da realidade através da observação, que podem surgir novos factos, conducentes à reformulação, completamento dos conhecimentos anteriores (Q6,76; Q7,88,95).

Deste modo, António parece atribuir ao progresso da ciência um carácter cumulativo e continuista, em que as mudanças qualitativas no conhecimento científico se processam, fundamentalmente, de uma forma linear e unívoca por acréscimos quantitativos ou por reformulação dos conhecimentos anteriores; podem, contudo, ocorrer retrocessos na medida em que se aprofundam e desenvolvem conhecimentos anteriores (Q7,93).

No que se refere ao processo de produção da ciência, o que merece especial destaque é o facto, repetidamente referido por António, da sua especificidade residir no método que

usa -o método experimental ou método científico (Q1,45; Q2,11; Q8,164,166; Q9,173). Assim, é natural que olhe a actividade científica como uma actividade essencialmente indutiva, que se desencadeia a partir do questionamento constante da realidade (Q7,103). Processa-se a partir da observação de um fenómeno, seguida da formulação de hipóteses e sua comprovação por experimentação. Por fim, procede-se à operacionalização das hipóteses em termos matemáticos seguida da elaboração de conclusões com vista a uma generalização, à teoria científica (Q7,99,103; Q8,166).

O método científico/experimental, constituído por estas etapas, bem definidas e hierarquicamente organizadas, é visto por este professor como um método único e universal - «o grande referencial» (Q8,164). Esta ideia transparece também quando António rejeita a hipótese de haver vários métodos de produção da ciência conforme os problemas em estudo (Q9,174). Faz, no entanto, uma ressalva à utilização do método experimental em determinadas situações e que se prendem, nomeadamente, com o «estudar problemas relativos ao corpo humano!» (Q9,174). Neste caso, refere que «por questões deontológicas ..., tu não tens o método experimental verdadeiro» (Q9,174); embora se utilize o método experimental, há algumas limitações na sua utilização que decorrem das dificuldades de «fazer experimentação no humano»(Q9,176).

Nesta forma de entender o processo de produção do conhecimento científico, a observação e a experimentação desempenham, segundo a sua perspectiva, um papel de realce. A observação, considerada por António como fonte primeira de dados a partir dos quais se formulam as hipóteses, constitui, para si, o ponto de partida da actividade científica: «todo este processo experimental resulta da observação da realidade» (Q7,88; Q9,174). Por sua vez, a experimentação é vista por si como uma etapa fundamental da actividade científica, sem a qual esta seria pura especulação: «sem experimentação tu não tinhas actividade científica» (Q11,170); é essencial para a descrição e quantificação exaustiva da realidade (Q11,172).

Da análise destes dados, parece poder inferir-se que este professor concebe a ciência como um conjunto de conhecimentos cuja cientificidade se fundamenta no seu carácter lógico e formal decorrente da utilização de um método específico, o método científico. O conhecimento científico que corresponde, na sua perspectiva, à tradução matemática da realidade, seria, por esse facto, objectivo e certo porque assente em dados objectivos, isentos de valores, verificados e provados por diferentes pessoas em condições experimentais idênticas. Esta objectividade e certeza são, contudo, consideradas por si como tendo um carácter relativo face ao tempo, o que parece dever-se ao carácter dinâmico, evolutivo, da ciência. Parece ser também esta a razão de considerar que o conhecimento científico tem uma natureza hipotética e falível.

Esta evolução da ciência é essencialmente condicionada, na perspectiva de António, pelo surgimento de novos factos decorrentes de processos de observação e experimentação cada vez mais aperfeiçoadas, pelo recurso a tecnologias progressivamente

mais sofisticadas. O progresso da ciência parece assim ser visto sobretudo como um processo linear e contínuo, em que progressivamente se vão acumulando conhecimentos cada vez mais rigorosos por reformulação e completamento dos conhecimentos anteriores.

Em consonância com esta ideia, o modo como António concebe a actividade científica tem subjacente uma imagem de um método científico e universal que, caminhando sistematicamente dos factos para as ideias, conduz à produção do conhecimento científico: «o método experimental (...) é o grande referencial» (Q8, 164), e os factos são «pilares fundamentais (...) que servem de suporte no momento em que estou a conceptualizar essa teoria» (Q8, 168).

Deste modo, este processo de conhecimento de uma realidade, por si considerada como exterior e independente do homem, parece constituir para este professor uma actividade neutra que obedece apenas à sua lógica interna, donde os valores e preconceitos do sujeito cognoscente, bem como o contexto sócio-cultural em que ocorre, parecem ser irradiados. De igual modo, ao salientar a prevalência de uma racionalidade universal - o método científico- na elaboração e testagem das leis, António parece privilegiar sobretudo processos de descoberta da essência da Natureza, fundamentados na observação e experimentação, donde emergem factos que permitem gerar e validar o conhecimento científico. Parece também rejeitar a ideia de que a actividade científica é uma actividade humana, onde concorrem processos de criação e de invenção na multiplicidade de caminhos para a resolução dos problemas que se colocam na produção do conhecimento científico.

2.1.2 - Representações pedagógicas de trabalho experimental

Para António o termo trabalho experimental designa uma actividade experimental em que os alunos mexem para aprender. Neste sentido, considera que «não é trabalho experimental fazer uma experiência de bancada» (Q12,200), uma actividade de demonstração de um fenómeno realizada pelo professor. Pressupõe um certo grau de liberdade, o que para António corresponde a serem os alunos a observar um fenómeno, a manipular o material e a tirar as conclusões ou, como ele próprio afirma, «consiste na observação e (...), de eles mexerem! E depois (...) a interpretação daquilo!» (Q12,196).

Por seu turno, o trabalho experimental, como uma actividade de carácter investigativo, deve reflectir as características do trabalho científico: «tem que ter as características da, ... filosofia, um pouco da praxis da Física e da Química, (...), porque se não tinha sentido nós fazermos» (Q3,204). Deste modo, e em consonância com as suas perspectivas, atrás referidas, sobre o processo de produção do conhecimento científico, salienta que o desenvolvimento do processo deste tipo de actividades deveria corresponder à utilização do método experimental. No entanto, apesar da relevância que reconhece a estas actividades no processo de ensino e aprendizagem da Física e Química, considera ser extremamente difícil, em contexto escolar, realizar trabalho experimental de acordo com este método: «não tenho hipótese de mostrar um fenómeno e seguir o processo todo

científico, da descoberta científica» (Q12,188). Isto corresponderia, em sua opinião, a os alunos fazerem a análise de um fenómeno seguindo as etapas do método científico, a partir da descrição do fenómeno feita pelo professor e usando os materiais que este disponibilizaria. Estas dificuldades prendem-se essencialmente, para António, com a falta de tempo, com necessidades de formação dos professores e com a falta de capacidades laboratoriais e técnicas básicas que os alunos demonstram pelo facto de não terem prática de trabalho laboratorial.

Neste contexto, o trabalho experimental como actividade de carácter investigativo identifica-se, na sua perspectiva, com uma actividade que, tendo como suporte um protocolo fornecido pelo professor, se estrutura de acordo com as seguintes etapas: objectivo do trabalho, realização da experiência seguindo técnicas adequadas, análise e interpretação de resultados e conclusões (Q13,206,210).

A importância do trabalho experimental no ensino da Física e Química é realçada frequentemente por António: «é importante em termos do conhecimento, da aprendizagem dos alunos» (Q12,184). Segundo este professor, a generalidade dos alunos «gostam muito de fazer trabalho experimental» (Q12,184). No entanto, tendo em conta as turmas que lecciona, salienta que, enquanto «os alunos dos oitavos anos reclamam comigo de eu não fazer aulas experimentais!», o mesmo não se passa com os alunos do décimo ano: «os do 10ºano detestam fazer trabalho experimental!» (Q12,184). Em relação aos décimos anos, António indica duas ordens de razões para os alunos não gostarem de fazer trabalho experimental: por um lado, «os relatórios que têm que fazer e eles não sabem fazer relatórios!» e, por outro lado, «porque não há um traquejo anterior, não há a iniciação ao trabalho experimental desde o princípio» (Q12, 184).

Quanto aos valores educativos do trabalho experimental considerado como uma «metodologia pedagógica [de envolver] os alunos» (Q12, 190), António refere valores que se identificam quer com o papel do trabalho experimental como estratégia de ensino, quer com o seu papel educativo ou de desenvolvimento.

Assim, indica que o trabalho experimental, enquanto estratégia de ensino, favorece uma aprendizagem mais sólida dos conteúdos científicos e a sua memorização, bem como a motivação dos alunos pela própria disciplina já que, como afirma, «aquilo que dá na teoria é aquilo que eles depois observam na prática» (Q15,236).

No que se refere ao seu papel educativo, o trabalho experimental, considerado como «muito importante em termos do crescimento dos alunos» (Q15,228), promove, segundo António, o seu desenvolvimento individual, a nível intelectual e psicomotor. A nível intelectual porque favorece o desenvolvimento do raciocínio, da capacidade de problematização das situações e da capacidade crítica dos alunos (Q12,194,196; Q15,228,230). A nível psicomotor porque permite o desenvolvimento de capacidades manipulativas e de aplicação das regras de segurança (Q15,230). Por outro lado, António considera que o trabalho experimental, ao possibilitar a investigação de problemas que afectam a comunidade, por exemplo «uma investigação sobre a água que bebemos, (...) [e]

chamar a atenção da escola e fora da escola deste mesmo problema» (Q16,240), pode contribuir para a formação de cidadãos críticos e intervenientes na vida em sociedade.

Da análise anteriormente desenvolvida, sobressaem alguns aspectos caracterizadores das representações pedagógicas de António relativas a trabalho experimental, no contexto do ensino da Física e Química.

Em primeiro lugar, tudo parece indicar que o trabalho experimental, que idealmente deveria corresponder à utilização do método científico, é concebido, por António, fundamentalmente como uma actividade experimental de aplicação de instruções, de “receitas”, de modo a que os alunos recolham dados relativos às grandezas, que à partida estabeleceu como pertinentes para pôr em evidência um determinado conceito ou lei. Como principais elementos estruturantes do trabalho experimental, tenha ou não um carácter investigativo, sobressaem a experimentação, a recolha e a análise de dados, que são processados pelos alunos mediante instruções constantes de um protocolo fornecido pelo professor. Estas características do trabalho experimental, que se evidenciam nas ideias expressas por António, sugerem que as suas aulas experimentais configuram sobretudo práticas ritualísticas de aplicação de instruções com vista à obtenção da resposta desejada, reservando para si um papel de grande controlo sobre todas as fases de desenvolvimento do trabalho.

Deste modo, fica a questão de saber como é que o trabalho experimental concebido desta forma proporciona o envolvimento dos alunos em actividades de pesquisa e de exploração de uma situação experimental, consideradas por António como relevantes no processo de ensino e aprendizagem da Física-Química. Esta ideia é reforçada pela não referência, no discurso deste professor, à utilização de problemas, de questões em aberto de que se desconhece a sua solução, portanto, a actividades em que os alunos possam formular conjecturas sobre as possíveis vias de resolução do problema (à luz de um determinado quadro teórico), tomar decisões sobre as estratégias experimentais a utilizar, bem como avaliar criticamente os resultados obtidos.

Em segundo lugar, António reconhece ao trabalho experimental um papel fundamental no processo de aprendizagem das ciências, considerando-o um meio essencial para motivar, desenvolver a auto-confiança e reforçar a aprendizagem da Física e da Química, bem como uma metodologia pedagógica de desenvolvimento pessoal dos alunos, ao nível intelectual e psicomotor, como a capacidade crítica e de problematização das situações e o desenvolvimento de capacidades laboratoriais e técnicas básicas. Contudo, apesar de António reconhecer ao trabalho experimental estes valores educativos, permanece a questão de se saber como é que concilia a exploração destas potencialidades educativas com o modo como concebe o trabalho experimental, centrado sobretudo na execução de um protocolo com vista à verificação/ilustração de noções teóricas, e onde está ausente a verbalização e discussão de ideias, a reflexão e avaliação crítica dos produtos e dos processos do trabalho desenvolvido.

Assim, parece plausível considerar que o trabalho experimental assim concebido, poderá talvez contribuir para o desenvolvimento de capacidades laboratoriais e técnicas básicas (uma vez que possibilita a manipulação de materiais e o exercitar da observação, da medição, do registo e tratamento dos resultados) e corresponder a um meio auxiliar de ensino, mas dificilmente favorecerá a reestruturação das ideias dos alunos com vista à elaboração do saber científico e o seu crescimento em autonomia e abstracção.

2.1.3 - Prática em sala de aula

As duas sequências experimentais observadas decorreram numa turma do 10ºano, em ano de experimentação da reforma curricular. Incidiram sobre dois temas de duas unidades sequenciais: determinação da capacidade térmica mássica de uma substância no âmbito da termodinâmica; verificação da equação de definição de diferença de potencial e determinação da energia eléctrica transferida para um sistema, no âmbito da corrente eléctrica.

A escolha das sequências e da turma a observar foi feita pelo professor.

Foram observadas dez aulas, correspondentes a quinze horas, tendo a primeira sequência decorrido em quatro aulas (seis horas) e a segunda em seis aulas consecutivas (nove horas). Este número de aulas foi definido pelo professor, de acordo com o combinado inicialmente, de modo a que a observação incidisse sobre a totalidade da actividade experimental (preparação, execução e conclusão).

A turma observada, composta por dezanove alunos, foi dividida em dois turnos para a realização de cada actividade experimental, conforme a estrutura curricular estabelecida pela nova reforma. Estas aulas práticas decorreram sempre no laboratório de Física, com excepção das aulas relativas à interpretação dos resultados experimentais, que ocorreram numa sala de aula normal, com a totalidade da turma.

Tratando-se de uma Escola Secundária relativamente recente, o laboratório de Física tem instalações adequadas para aí poder trabalhar uma turma com uma dimensão média. O material e equipamento laboratorial parecem existir em quantidade suficiente. Adjacente ao laboratório existe uma arrecadação para o material laboratorial e que serve simultaneamente como sala de preparação. Existe uma funcionária que dá apoio ao laboratório.

Estrutura Global das Actividades Experimentais:

As duas sequências de aulas observadas incidiram sobre temas relativos a campos diferentes, termodinâmica e corrente eléctrica (com os quais os alunos têm níveis de familiaridade diferentes), mas relacionados pelo facto de se fundamentarem nos mesmos princípios: o princípio de conservação da energia e o princípio fundamental da calorimetria.

Globalmente, as duas sequências apresentaram uma rotina semelhante: 1) introdução teórica, relacionada com o tema da actividade experimental; 2) realização propriamente dita da actividade; 3) análise e discussão dos resultados.

A introdução teórica, feita fundamentalmente pelo professor, envolveu, no caso da primeira sequência, uma explicação sumária de algumas noções relacionadas com o trabalho (capacidade térmica mássica, já dada em aulas anteriores, definição operacional de capacidade térmica e análise das diferenças entre estas duas grandezas) que decorreu numa parte da primeira aula. Outras noções envolvidas, como o conceito de energia interna e o princípio fundamental da calorimetria, não foram trabalhadas.

No caso da segunda sequência, a abordagem teórica, que ocorreu sobretudo nas primeiras três aulas (quatro horas), incidiu sobre diversas noções relacionadas com a corrente eléctrica (diferenças entre corrente eléctrica, energia e electricidade, mecanismo da corrente eléctrica, intensidade da corrente e carga eléctrica, diferença de potencial, resistência eléctrica e lei de Joule).

A fase de realização propriamente dita da actividade experimental decorreu em duas aulas e envolveu, nos dois casos, a execução pelos alunos de uma ficha experimental (incluída no manual de apoio fornecido pelo Ministério da Educação).

Os alunos, organizados em três grupos de três/quatro elementos, seguindo as instruções das fichas, fizeram a montagem e as determinações experimentais indicadas, o registo dos resultados obtidos e os cálculos que eram pedidos. Na segunda actividade, e dado que os alunos tiveram dificuldades em obter os resultados esperados, foi feita uma repetição das experiências numa outra aula, depois de se ter procedido a uma análise das possíveis condições experimentais que estiveram na base daquelas dificuldades. O professor acompanhou o desenvolvimento da actividade, ajudando os alunos na execução das fichas.

Na fase de conclusão de cada sequência, a análise do trabalho realizado -duas aulas (três horas) na primeira actividade e uma aula (duas horas) na segunda- teve um cariz diferente.

Na primeira sequência, o professor começou por fazer uma apreciação global dos relatórios elaborados, em casa, por cada um dos grupos, identificando as partes em falta, seguida de uma descrição exaustiva das partes constituintes de um relatório padrão. Com a ajuda dos alunos, o professor procedeu, ainda, à análise e discussão dos resultados experimentais quanto às possíveis fontes de erros que lhes estão associados, seguida de uma reelaboração dos cálculos para a determinação da grandeza pretendida. Por fim, discutiu-se a apresentação dos resultados e a determinação dos erros de medição.

Na segunda sequência, pelo facto dos alunos ainda não terem elaborado os relatórios, a análise e discussão dos resultados experimentais traduziu-se numa análise feita pelo professor dos conceitos teóricos envolvidos e das relações que se poderiam estabelecer entre as variáveis em jogo e no tirar de dúvidas colocadas pelos alunos relativamente à elaboração dos relatórios. Previamente a esta análise, o professor deu a definição operacional de novos conceitos (resistência, condutor ôhmico, resistividade e factores que

influenciam a resistência de um condutor), explicou o efeito de Joule e informou da expressão matemática que traduz a lei de Joule.

Natureza do processo:

O processo de desenvolvimento das duas actividades foi definido, à partida, na sua globalidade pelo conteúdo das fichas experimentais utilizadas. De facto, ambas as fichas tinham o seguinte conteúdo e estrutura: eram indicados o assunto e o objectivo a atingir; fazia-se uma introdução teórica sumária sobre os fundamentos do método a ser usado e as fórmulas a usar nos cálculos; indicava-se o material necessário e esquema de montagem; referia-se o procedimento experimental com instruções sobre as manipulações e medições a fazer; e, ainda, explicitavam-se os passos necessários para se efectuarem os cálculos relativos à grandeza a medir.

Como exemplo, apresentam-se algumas instruções extraídas das fichas utilizadas, relativamente ao procedimento experimental e aos cálculos.

Na ficha da primeira actividade experimental:

«Procedimento:

4. Regista a temperatura, θ_2 , do corpo metálico (temperatura de ebulição da água) e introdu-lo, rapidamente, no calorímetro.

(...)

Cálculos:

1. Calcula o valor da energia transferida do corpo metálico quente para o conjunto "calorímetro + agitador + água"».

Na ficha da segunda actividade experimental:

«Procedimento:

1-Pesa o vaso calorimétrico com agitador e regista o valor m_c da sua massa. Se o agitador for de plástico não o consideres na pesagem.

(...)

8- Determina o valor da carga eléctrica que atravessa o condutor no intervalo de tempo considerado».

Trata-se, portanto, de duas actividades estruturadas com um conjunto de etapas bem definidas e uma ordem de realização pré-estabelecida: 1) uma explicitação do quadro teórico em que se insere a actividade, que no segundo caso teve um maior nível de aprofundamento; 2) a experimentação/manipulação dos materiais com vista à determinação de determinadas grandezas e o registo das medições feitas; 3) o cálculo das grandezas designadas, mediante substituição nas fórmulas dos valores experimentais obtidos; 4) a análise dos resultados experimentais obtidos e/ou das variáveis em jogo, experimentais e calculadas, e dos processos de cálculo utilizados ou a utilizar.

Como elementos característicos, comuns às duas actividades, destacam-se a definição de um certo quadro teórico de referência, a experimentação, o tratamento dos dados e a sua análise.

No decurso das duas actividades experimentais observadas, António assumiu um papel de quase completo controle sobre todas as fases do seu desenvolvimento: preparação, execução e conclusão.

A nível da preparação, a definição e organização das actividades foi da total responsabilidade de António, que estabeleceu à partida toda a sua estrutura, seleccionando fichas experimentais que, como se referiu atrás, continham instruções relativas a todas as etapas do seu processo de execução, e forneceu o material necessário.

Do mesmo modo, foi António que definiu o quadro teórico de referência, embora com algum contributo dos alunos suscitado por questões que colocou, nomeadamente no âmbito da segunda actividade. Na primeira actividade, a participação dos alunos foi diminuta, traduzindo-se essencialmente em passar para o caderno o que o professor escreveu no quadro e as definições que ditou, como mostra um extracto do diálogo estabelecido na primeira aula da primeira sequência:

«Prof. diz: *Vamos ver umas coisas importantes antes de começarmos a trabalhar. Temos que distinguir o que se entende por capacidade térmica e capacidade térmica mássica. Nós já vimos isto. Digam lá o que nós entendemos por capacidade térmica mássica?*—não espera que os alunos respondam.

Prof. escreve no quadro capacidade térmica mássica (c) e diz que é diferente de capacidade térmica (C).

Alguns alunos dizem: *capacidade térmica mássica já demos.*

Prof. diz: *Leiam lá no caderno.*

Alguns alunos começam a ler em voz alta—o professor interrompe e pergunta: *A capacidade térmica mássica relaciona o quê?*

Um aluno: *Relaciona a massa com o peso (pára) e uma aluna ao mesmo tempo diz: é a quantidade de energia necessária*—professor interrompe e completa o que a aluna estava a dizer.

(...)

Prof.: *Vamos, então, ver a equação de definição e escreve no quadro: $c=Q/m.\Delta\theta$ e as unidades serão $J/Kg\ ^\circ C$; a capacidade térmica será $J\ ^\circ C^{-1}$ — e continua: *Interessa-nos, então, definir capacidade térmica; escrevam nos cadernos - dita: Quantidade de energia que é necessário fornecer como calor para que a sua temperatura aumente de $1^\circ C$; escreve no quadro: $C=Q/\Delta\theta$.**

Aluno: *Qual é a diferença entre esta e a mássica?*

Professor escreve no quadro novamente a fórmula da capacidade térmica mássica e lê as duas fórmulas e diz: *Vamos ver qual a relação entre as fórmulas e, escreve: $Q=c.m.\Delta\theta$ e, substitui $C=c.m.\Delta\theta / \Delta\theta$, portanto $C=m.c$; estou a relacionar a capacidade térmica com a capacidade térmica mássica; as unidades serão $J^\circ C^{-1}$ (S.I.).» (Registo de aula (28.01.94)).*

Na segunda actividade, foi também António que procedeu à revisão e explicação de conceitos básicos relacionados com a corrente eléctrica, com alguma participação dos alunos em resposta a questões pontuais que colocou. Nesta abordagem teórica ressaltam, como aspectos centrais, a definição operacional das grandezas e a indicação das equações de definição e respectivas unidades S.I., como se pode ver nos exemplos a seguir indicados, relativos a extractos de diálogos estabelecidos a propósito das definições de intensidade de corrente e diferença de potencial:

- «Prof.: (...) se eu falo em partículas tenho de contabilizar a quantidade de partículas que passam num determinado intervalo de tempo e ao fazer isso estou a considerar que a intensidade da corrente está automaticamente associada a essa quantidade de partículas que passam durante um intervalo de tempo, está percebido?

-e continua: Quando eu falo então em corrente eléctrica um dos parâmetros é intensidade da corrente em regime estacionário; primeiro quero que me digam o que entendemos por regime estacionário

Um aluno diz: Nunca ouvi falar disso -os outros alunos dizem o mesmo.

Prof. explica: Quando eu falo em regime estacionário tem a ver com a não acumulação de cargas eléctricas em qualquer parte do circuito; o regime estacionário é exactamente isso, tem a ver com a não acumulação de cargas em qualquer parte do circuito; era bom tomarem nota.

Alunos: Então diga lá!

Prof. repete o que é regime estacionário. Os alunos escrevem no caderno.

Prof. Então eu consigo definir intensidade de corrente; qual é o símbolo de intensidade de corrente?

Um aluno: I

Prof.: Então a intensidade de corrente tem a ver com a quantidade de carga eléctrica que passa numa determinada secção de um condutor; agora o que é que é esta história da secção e das cargas?

Prof. partindo da análise do comportamento de dois condutores com secções diferentes quando percorridos por uma mesma intensidade de corrente eléctrica, define esta grandeza: Então, rapidamente a partir daqui nós podemos definir o que entendemos por intensidade de corrente, vai ser o quê? Primeiro tem a ver com o tempo, ou seja, eu tenho que considerar o mesmo intervalo de tempo para todos, e depois? Tenho que relacionar este tempo com esta quantidade de carga eléctrica, e eu defino esta relação ($I = q/\Delta t$ - escreve no quadro) da seguinte maneira (...).

Prof. dita o que é a intensidade de corrente eléctrica e os alunos escrevem nos cadernos; define operacionalmente a unidade S.I. de intensidade de c.eléctrica (Ampère).» (Registo de aula (13.03.94))

- «[Prof.:] A d.d.p. é representada pela letra U ; quando eu estou a considerar um circuito ligado a um gerador, gerador que fornece energia eléctrica, existe uma diferença de cargas eléctricas dentro de um pólo do gerador do outro pólo; de facto é esta diferença de nível eléctrico no interior do gerador que permite a existência da c. eléctrica, e continua: como é que nós definimos a d.d.p. entre dois pontos num circuito?

Um aluno pergunta: d.d.p. e tensão é a mesma coisa?

Prof.: É a mesma coisa; qual é o aparelho para medir a d.d.p.?-alunos dizem que é o voltímetro; e como se monta num circuito?-em paralelo- respondem alguns alunos (de electrotecnia).

Prof. faz no quadro um esquema de um circuito e representa um voltímetro intercalado no circuito e diz: O voltímetro vai medir a d.d.p. aos terminais da resistência e vai-nos dar o valor da relação entre a energia eléctrica que a resistência está a monopolizar em função da quantidade de cargas que estão a percorrer essa mesma resistência; mas o que é a d.d.p.?- repete a explicação que deu anteriormente, e continua: então eu posso dizer que U é = à quantidade de energia (E) que percorre aquela resistência, o quociente entre esta energia e a quantidade de cargas que estou a considerar, que estão a percorrer o circuito- escreve no quadro a fórmula e diz para os alunos tomarem nota.

Prof.: Qual era o Físico que está associado ao Volt?- os alunos riem-se. O prof. diz que foi Alessandro Volta.

Prof. diz a definição operacional de volt. Dita a definição de d.d.p.» (Registo de aula (13.03.94)).

Na fase de realização propriamente dita da actividade, depois de António chamar a atenção dos alunos para as fórmulas que têm que usar (indicadas nas fichas), explicitando

quais as grandezas a que se referem os símbolos incluídos nessas fórmulas, e quais as variáveis a medir e a calcular, procedeu-se à execução das fichas experimentais.

No decurso da sua execução, o professor circulou pelos vários grupos de trabalho, exercendo um controlo bastante grande sobre todas as etapas do procedimento experimental, em resposta à solicitações dos alunos. Este trabalho de acompanhamento traduziu-se na resolução pelo próprio professor das dúvidas e dificuldades sentidas pelos alunos, quer fazendo, quer explicando como se fazia. Como exemplo, apresentam-se alguns extractos dos registos feitos.

Na primeira sequência:

-«Os alunos em grupo começam a experimentação: seguem as etapas que constam da ficha experimental.

Alguns alunos levantam-se para irem determinar a massa do calorímetro: os alunos não sabem pesar, nem ler a escala- o professor diz como se faz e como se lê. (...)

Os alunos parecem ter também muitas dúvidas relativamente aos cálculos pedidos na ficha, nomeadamente em relação à identificação dos valores medidos experimentalmente com as variáveis em jogo - os vários grupos pedem a ajuda do professor.

Num grupo, o professor escreve as fórmulas necessárias e relaciona as variáveis em jogo com os valores medidos experimentalmente e, a certa altura, diz: *Há um erro que vocês estão a cometer; vamos lá ver a massa total é igual a (...) e a massa da água é igual a (...)* - os alunos continuam a fazer os restantes cálculos.

O professor vai junto de outros grupos e faz o mesmo.» (Registo de aula (28.01.94)).

Na segunda sequência:

- «Prof. distribui o material pelas mesas.

Os alunos executam as instruções 1 e 2 do procedimento experimental.

Num grupo (A):

Prof. diz aos alunos para fazerem a montagem de acordo com o esquema da ficha e que antes de ligarem o circuito lhes vai explicar o que se passa.

Diz o mesmo aos outros grupos.

No grupo (A) os alunos não sabem fazer a montagem. Um aluno pergunta: Para que serve o voltímetro?- o prof. diz que é para medir a d.d.p. O mesmo aluno: *Como se monta o voltímetro?*- o prof. diz-lhe que se liga nos terminais do gerador.

Esse aluno pergunta a um colega de outro grupo: *Quais são os terminais do gerador?*

O prof. ajuda esse grupo a fazer a montagem.» (Registo de aula (13.03.94))

(...)

«Depois de ter ajudado vários grupos a fazerem a montagem do circuito, o prof. diz: *Ok! Então vamos ver uma coisa! Constatámos alguns problemas no outro dia, que vamos hoje tentar ultrapassar (...). Vamos medir a água convenientemente para sabermos a massa do sistema; vamos considerar um intervalo de tempo de 300s, uma diferença de potencial de 12V e de 24V(...).*

Prof. diz para os grupos começarem o trabalho do princípio, pesar o calorímetro, medir a temperatura inicial da água, etc. (...).

[Num grupo:] Prof. pergunta se estão a obter alguns resultados.

Os alunos desse grupo dizem ao prof. que para 12 V não obtiveram nada, e que para os 24V obtiveram uma variação de temperatura de 2°C.

Prof. diz aos alunos quais são as grandezas a calcular e como se relacionam com as variáveis determinadas experimentalmente, bem como as expressões a usar para fazer os cálculos.

Prof. faz o mesmo noutros grupos.» (Registo de aula (17.03.94)).

Na análise dos resultados experimentais, António assumiu também o papel principal, embora com algum contributo dos alunos, principalmente no caso da primeira actividade. Esta análise assumiu no primeiro caso um cariz essencialmente técnico, centrando-se na identificação das condições experimentais que afectaram de erros os valores obtidos e na análise de aspectos relacionados com a apresentação, precisão dos resultados e elaboração de relatórios. No segundo caso, dado que os alunos ainda não tinham elaborado o relatório, esta análise traduziu-se numa revisão dos conceitos teóricos envolvidos e das relações que se podiam estabelecer entre as variáveis em jogo e das fórmulas a usar no cálculo dessas relações. A este propósito, apresentam-se de seguida alguns exemplos referentes a extractos de registos feitos nas duas sequências.

Na primeira sequência:

«Prof.: (...) Então o que é que vamos fazer? Eu vou-vos devolver os relatórios para observarmos as falhas em que incorremos de modo a anotarmos essas falhas e fazermos as devidas correcções; vamos falar das normas de elaboração de um relatório que já estavam assinaladas [na ficha] (...); depois vamos analisar alguns dados para vermos os erros que as pessoas cometeram. (...)

Professor escreve no quadro os diversos elementos do relatório à medida que vai dizendo de que constam (...).

Professor: *Vamos passar a ver as temperaturas; o que temos a dizer disto?* (os valores de Θ_1)-interrompe para mandar calar e mudar de lugar um aluno que estava a falar.

Um aluno: *A água que estava no calorímetro podia estar num lugar mais quente que outro.*

Prof.: *Ok, então, podiam estar em diferentes lugares da sala, não é isso? Então a sala podia ter diferentes temperaturas.*

Um aluno diz: *Podia estar num sitio mais quente e outro mais frio.*

Professor: *Alguém quer dizer mais alguma coisa?*

Alguns alunos mais ou menos em coro: *Descida de temperatura com o descer da noite.*

Prof.: *De facto isto são de dois turnos, isso provavelmente influenciou os nossos resultados; qual era a estratégia que nós temos para eliminar este problema? Portanto tínhamos calorímetros diferentes em lugares diferentes; de facto podiam estar em zonas mais quentes, outras menos quentes. Ok, está visto isto! Nós aqui podíamos tomar destas conclusões que obtivemos face a este resultado: que estávamos perante lugares diferentes da sala, os vasos onde estava contida a água serem diferentes e ainda poderíamos ter o calorímetro com temperatura diferente.*

Professor continua a analisar, do mesmo modo, os valores de Θ_2 , temperatura da água quente. (Registo de aula (4.02.94))

(...)

«Prof.: *Vamos concluir o que iniciámos na aula anterior e, diz o que vão fazer na 1ª hora: Vamos ver alguns problemas associados aos cálculos que deveríamos ter feito, alguns fizeram e outros não; o problema da apresentação dos resultados, nomeadamente, os resultados apresentados com os erros acidentais, experimentais, etc., que cometemos, depois associado ainda a isso temos que ver a questão da apresentação do resultado final do ponto de vista dos algarismos significativos e da coerência; (...)*

Prof.: *Vamos supor que estes valores eram os valores médios que nós obtivemos e agora vamos realizar os cálculos de modo a calcularmos o valor de Q_2 e de C (...).*

Prof.: *Quem se lembra do procedimento?*

Ninguém responde; o professor explica: $\Theta 2$ é a temperatura da água quente e o $\Theta 3$ é a temperatura final média estabilizada quando juntei uma massa de água fria a uma massa de água quente.

Prof. comenta: *Estou a ver que antes de fazer os cálculos vocês ainda têm muitas dúvidas; se agarrarmos na ficha (experimental) - lê as etapas do procedimento experimental e explica novamente o que é o $\Theta 3$.*

Prof. continua: *Foi dito na altura e está nas folhas que podemos recorrer a duas expressões - escreve no quadro $Q_2 = m_2 \cdot C (\Theta 3 - \Theta 2)$, e diz: Não nos esqueçamos que estamos a determinar a capacidade térmica do calorímetro, é o objectivo; vou ter que determinar C e, escreve no quadro: $Q_1 = m_1 \cdot c \cdot (\Theta 3 - \Theta 1) + C \cdot (\Theta 3 - \Theta 2)$; a partir daqui vamos calcular o valor de C e portanto vou calcular primeiro Q_2 e depois Q_1 , com as devidas reduções.*

Os alunos passam para o caderno o que está escrito no quadro.

Prof. diz para os alunos fazerem os cálculos.» (Registo de aula 8.02.94)).

Na segunda sequência:

«Prof.: *Vamos escrever como título, se faz favor, análise dos resultados experimentais; vamos ver o seguinte: quando eu falo na análise dos resultados, estamos a falar na análise teórica do que se esperava obter; vocês ainda estão a fazer o relatório.*

Prof.: *Vamos agarrar na ficha experimental do outro dia e tirar algumas conclusões: (...). Vamos lá ver uma coisa! Nós sabemos que aquela resistência que está contida no calorímetro (...) liberta uma determinada energia e o que é que nós estivemos a observar? - representa no quadro o esquema do circuito eléctrico utilizado, e continua: (...) Dissemos que e calculámos já na parte da Termodinâmica, uma determinada quantidade de energia térmica que se libertava no interior do calorímetro... -escreve no quadro a expressão que permite calcular Q ;*

-e continua: *E o que eu quero agora demonstrar? Este Q é a quantidade de energia térmica fornecida ao meio água mais calorímetro, e eu nesta altura quero observar em que medida aquela resistência consegue fornecer uma determinada energia térmica (repete) (...). Eu vou relacionar E e E está relacionado com a d.d.p. como? Nós sabemos que a d.d.p., U , vai ser igual à quantidade de energia eléctrica que passa no condutor e que vai ser transformada em função da quantidade de carga transportada - escreve no quadro $U = E / |q|$.*

Prof. continua: *O U é dado pelo voltímetro; o E/q se eu estiver a pensar na quantidade de energia eléctrica que eu estou a fornecer ao meio, eu posso calcular E a partir desta expressão e posso calcular q ; agora há uma coisa importante que é preciso fazer, I tem a ver com a carga e com o tempo - escreve no quadro $I = |q| / t$*

- e continua: *E eu posso relacionar estas coisas todas; da aula prática o que é que eu retirei? Tenho o tempo, e todos estes dados que estão aqui (da expressão de Q), tenho I , U e o E ; a única coisa que não tenho é Q ; mas afinal para que é que é estas coisas? Se tenho o I e o tenho o Q , então tenho E ; (...) eu quero observar se permanece constante, melhor que relação existe entre U e este quociente (E/q); (...) A I é a mesma; agora o que pode acontecer é que a ddp varie e eu tenho aqui uma resistência, esta resistência também dissipa energia, ou seja, eu posso calcular q a partir de U ($U = E / |q|$), ou, a partir de I ($I = |q| / \Delta t$), e posso constatar que são diferentes; eu no fim posso dizer o quê? Posso comparar estes dois (q) com isto que está aqui (U, I e t) ou seja com os aparelhos que lhe dão origem e depois posso relacioná-los;*

- e continua: *E posso fazer outras coisas, posso relacionar o I com a variação de temperatura ou o U com a variação de temperatura; são vocês que decidem» (Registo de aula (22.03.94))*

Decorre da análise já feita que a participação dos alunos nas duas actividades experimentais observadas se centrou fundamentalmente na execução das fichas experimentais e na elaboração dos relatórios.

Ao nível da preparação e conclusão das actividades, como se evidencia nos extractos anteriores, os alunos limitaram-se a responder a algumas questões, a ouvir e a registar nos

cadernos o que o professor escrevia no quadro e as definições que ditava sobre as diversas grandezas estudadas.

Durante a execução das fichas, os alunos, organizados em grupos de 3/4 elementos, fizeram a montagem do material e as manipulações necessárias para a determinação experimental das grandezas designadas, o registo dos resultados obtidos e o tratamento dos dados, solicitando frequentemente, para o efeito, a ajuda do professor.

De facto, constatou-se que, apesar das instruções bastante precisas da ficha relativamente a todas as etapas do procedimento experimental, os alunos manifestaram dificuldades na sua execução. Isto verificou-se quer em relação à manipulação do material, quer às grandezas a medir e a alguns processos de medição (como a pesagem e a leitura de escalas dos instrumentos utilizados) e, principalmente, ao tratamento de dados, o que já foi ilustrado nos extractos anteriormente apresentados.

No que se refere ao tratamento dos dados, as dificuldades manifestadas pelos alunos tinham a ver, sobretudo, com o facto de não saberem quais as fórmulas a utilizar e o significado dos símbolos das grandezas constantes das fórmulas, bem como as relações entre estas grandezas e os resultados experimentais obtidos.

A persistência destas dificuldades sugere que os alunos não foram capazes de mobilizar saberes relativos aos conceitos e princípios subjacentes às actividades. A admitir-se esta hipótese levanta-se a questão de saber se esta incapacidade não estará relacionada com uma falta de apropriação desses saberes, ou seja, de um quadro conceptual de referência que lhes permitisse atribuir sentido ao trabalho realizado e compreender as relações em jogo entre as variáveis determinadas experimentalmente e as variáveis a calcular.

Esta ideia parece ser corroborada pelo tipo de questões e dúvidas colocadas pelos alunos, mesmo depois das informações e explicações dadas por António antes e após a execução da actividade, como mostram alguns exemplos de diálogos registados no decurso das duas actividades.

No decurso da execução da primeira actividade:

«Os alunos fazem perguntas ao professor sobre as etapas do procedimento experimental- parecem não entender qual o objectivo do trabalho, o que se pretende.

Num grupo:

O professor pergunta aos alunos: *Já calcularam a temperatura? É preciso?*- responde um aluno.

Prof. comenta: *Claro que é preciso!*

(...)

A certa altura uma aluna diz em voz alta: *Professor, dá -59,7.*

Professor reage: *Ah!?* e a aluna diz: *59,7, tira-se o menos.*

E o professor responde: *Está certo.*

Um aluno de outro grupo pergunta em voz alta: *Professor, o que é o Q?*

Prof. responde: *É a quantidade de calor fornecida; pensei que isso estava percebido!»* (Registo de aula 28.01.94)).

Aquando da análise dos resultados experimentais da primeira actividade:

«Uma aluna: *Professor, nós tínhamos água quente no calorímetro, não é?*

Prof.: *A água do calorímetro não era quente-* a mesma aluna interrompe e diz: *A água que nós juntámos era quente, punhamos o termómetro, o valor que tínhamos que registar é quando estava a subir ou quando estava a descer?*

Prof. pergunta quem é quer responder.

Aluna repete a sua dúvida.

Um aluno: *Eu acho que era quando chegasse ao máximo e já não desse mais.*

Prof.: *Mas a colega estava a dizer que depois começava a descer.*

Outro aluno: *Esperava que estabilizasse.*

(...)

Prof.: *Então vamos lá ver! Nós devemos registar o valor máximo da temperatura da água no copo mas como o sistema é aberto há trocas de energia para o exterior; devíamos medir o valor máximo e deitar rapidamente a água no calorímetro.*

(...)

Prof.: *O $Q_2=Q_1$ e vamos determinar C, o que é que falta ali (na expressão de Q)? -responde: Temos de ter em atenção que não temos o valor de c; o que é este c?*

Um aluno: *Capacidade térmica do calorímetro.*

Prof.: *O quê !?*

Aluno corrige: *Capacidade térmica mássica da água.*

O professor escreve no quadro o valor de c e disse para os alunos serem rápidos nos cálculos.

Um aluno: *Prof. não estou a perceber uma coisa, dá negativo?*

Prof. diz : *Pega lá na folha que dei - os grupos parecem não saber o que fazer.*

Prof.: *Vocês já fizeram isto sózinhos; já vimos isto no outro dia; o Q_2 e o Q_1 não é capacidade térmica, é a energia, e continua: chamava a atenção de uma coisa, novamente não lemos atentamente isto e não estamos atentos ao desenrolar do trabalho; está na p. 50 (da ficha).*

Os alunos parecem não ter ouvido o que o professor disse.

Prof.: *Chamo a vossa atenção novamente e, escreve no quadro: $Q_1+Q_2=0 \Rightarrow Q_1=Q_2$ e continua: vamos ver na p.50 (interrompe para pedir a alguns alunos para tomarem atenção); já chegaram ao valor de Q_2 que é negativo: o Q_1 é igual ao Q_2 e é positivo: o C é a minha incógnita, é o que eu quero saber.*

Um aluno: *O professor quer saber a capacidade térmica?*

Prof.: *Está aqui, capacidade térmica do calorímetro-* indica na expressão do quadro qual a variável a determinar.» (Registo de aula (8.02.94))

No decurso da repetição da execução da segunda actividade:

«Num grupo: Depois do prof. verificar a montagem do circuito, os alunos perguntam ao prof. o que é que têm que fazer.

O prof. zanga-se com os alunos e, diz: *vocês não ligam nenhuma ao que estão a fazer* e acaba por repetir a esses alunos o que têm de fazer.» (Registo de aula (17.03.94))

Papel das actividades experimentais:

Tendo em conta o contexto de realização e a própria natureza das actividades experimentais observadas, parece poder-se afirmar que o seu objectivo primordial era a demonstração/ilustração e verificação de algo. No primeiro caso, a demonstração de como, na prática, se podia determinar a capacidade térmica mássica de uma substância, conceito dado em aulas anteriores e lembrado no início da actividade. No segundo caso, por um lado, a ilustração de um fenómeno, o efeito térmico da corrente eléctrica e, por outro lado, a verificação experimental da equação de definição de diferença de potencial, cuja definição operacional foi dada imediatamente antes do início do estudo experimental.

Por seu turno, o facto do processo desenvolvido nas duas actividades se ter estruturado a partir de manipulações escolhidas e organizadas, de modo a que as grandezas pertinentes

aflorassem, indicia como pressuposto fundamental destas actividades que as relações entre as grandezas decorrem natural e rapidamente da sua utilização em fórmulas adequadas, ou seja, do tratamento dos dados obtidos

Assim, parece ser plausível a hipótese de que a relação dos alunos com o saber se limitou, sobretudo, à utilização contextualizada das fórmulas designadas e, portanto, de que os alunos permaneceram, no decurso das actividades, exteriores à elaboração do saber em jogo, nomeadamente sobre as relações entre os conceitos envolvidos. Em consequência, parece poder afirmar-se que estas actividades desempenharam, na melhor das hipóteses, uma função de ensino das noções envolvidas.

Além disso, a ênfase colocada nos aspectos técnicos e operatórios, aquando da análise dos resultados experimentais (relacionados com os erros associados à medição, cálculo e apresentação dos resultados obtidos e com a análise das condições experimentais requeridas para a eliminação dos erros experimentais e instrumentais) indicia, como objectivo implícito às duas actividades, o desenvolvimento de capacidades técnicas e laboratoriais básicas (como a manipulação de material laboratorial, a leitura de instrumentos de medida, o tratamento de dados através da manipulação de fórmulas, a precisão e apresentação dos resultados, e o treino na execução das instruções de um guião).

Em resumo, a descrição e análise que foram feitas dos dados de observação de duas sequências de aulas, num total de quinze horas, fazem ressaltar um conjunto de aspectos que, de algum modo, permitem caracterizar as práticas em sala de aula deste professor, envolvendo a realização de trabalho experimental.

Em primeiro lugar, as actividades experimentais apresentaram uma estrutura bem definida, que se caracterizou, em ambos os casos, por um conjunto de etapas precisas, com uma ordem de realização pré-estabelecida: a explicitação teórica em termos operacionais e formais de algumas noções subjacentes às actividades: a execução de instruções fornecidas quanto à manipulação de materiais, ao registo das medições feitas e ao tratamento dos resultados; a análise dos resultados obtidos em termos técnicos e operatórios. Deste modo, parece poder afirmar-se que o processo desenvolvido em ambos os casos se caracteriza por ter uma natureza estática, com uma estrutura sequencial de etapas bem definidas e hierarquizadas. Como elementos fundamentais deste processo destacam-se a experimentação, o tratamento dos dados experimentais através da manipulação de fórmulas, e a análise de problemas associados à precisão e apresentação dos resultados.

Em segundo lugar, António, ao assumir um papel de quase completo controlo sobre todo o processo de desenvolvimento das actividades, desde a sua preparação à sua conclusão, configurou um processo altamente estruturado, que condicionou a participação dos alunos a uma resposta às suas solicitações e à execução das instruções por si fornecidas. Deste modo, a acção dos alunos surgiu extremamente dependente da acção do

professor, não se tendo evidenciado a criação de espaços de especulação e problematização sobre as situações em estudo.

Por último, estas actividades, ao serem organizadas e estruturadas de modo a que o material a usar, as manipulações a efectuar, as medições a fazer e as fórmulas a usar ponham em evidência as grandezas pretendidas, parecem ter como pressuposto que as relações entre as grandezas decorrem naturalmente do tratamento dos dados. Tal sugere que os resultados experimentais são aqui considerados como "factos" que legitimam e fundamentam as explicações científicas. Deste modo, António parece atribuir-lhes, sobretudo, um papel de demonstração e de verificação de noções teóricas. Assim perspectivadas, as actividades experimentais parecem desempenhar, para António, essencialmente funções de ensino e funções educativas ao nível do desenvolvimento de capacidades técnicas e laboratoriais básicas.

2.2 - Professora Catarina

2.2.1 - Representações de ciência

Natureza do Conhecimento Científico:

Para a professora Catarina a ciência é sobretudo um processo dinâmico de conhecimento da realidade. Atribui este carácter dinâmico da ciência à constante evolução do conhecimento científico por integração de novas leituras da realidade, ou por adaptação dos modelos existentes. Como afirma, a ciência «é uma forma de ver a realidade, forma essa que é dinâmica» (Q1,2), em que «jogando com o que se conhece do momento (...), com os conhecimentos que se têm e que se foram acumulando, (...), tem que incorporar novas aquisições» (Q1,2). Atribui também este dinamismo da ciência ao facto de ser um processo de levantamento constante de problemas face a novas realidades e de resolução desses problemas, o que pressupõe, em sua opinião, uma perspectiva crítica dos homens da ciência face ao conhecimento existente e «um estado de alerta» (Q1,4) constante face a «questões novas que surjam» (Q1,4). Por outro lado, é este carácter dinâmico, bem como sistemático e profundo do estudo da realidade, que permite, na sua perspectiva, distinguir a ciência da não-ciência. Assim, para Catarina, a ciência distingue-se da não-ciência por aquela não ficar pela observação; a ciência deve-se a uma procura sistemática e profunda da realidade, através da experimentação sistemática da teoria, ou seja, «do confronto entre a experiência e a teoria» (Q1,8).

Quanto à natureza das explicações científicas, Catarina parece atribuir a estas um carácter de tentativa e de algo construído, quando refere que a ciência é uma criação do homem: «[a ciência] é livremente criada, no sentido em que perante as mesmas realidades, ..., poder-se-iam ter construído determinados modelos e não outros» (Q 2,12). No entanto, embora considere que a ciência é uma criação do homem na tentativa de explicar a realidade, argumenta que ela não é livremente inventada: «[a ciência] não é livremente inventada porque (...) ela não nasce do nada! (...) os modelos de ciência (...) são, de facto,

fruto da criação do homem, de equipes, (...) só que baseadas em alguma coisa, (...), [e] exactamente porque ele [um modelo da ciência] é uma criação (...) vai confrontar-se diariamente com, ..., com outras realidades, e, ... ou esse modelo consegue integrar a nova realidade, uma nova observação, uma nova leitura, ou, então, ..., ele cai» (Q2,12).

Portanto, para Catarina há, no processo de construção da ciência, uma invenção condicionada quer pelos conhecimentos existentes num determinado momento, quer pelo confronto constante dos modelos científicos com a realidade feita pelos homens da ciência.

As explicações científicas assumem assim o carácter de modelos, «modelos que se vão criando para explicar as realidades» (Q2,12) e que, na sua perspectiva, são «um conjunto de (...) leis, princípios, [e] regras, ..., que em conjunto dão, em determinado momento, a explicação para uma realidade» (Q7,37). A natureza hipotética, provisória e não absoluta do conhecimento científico é reconhecida por Catarina, quando refere que um modelo científico «nunca está acabado» (Q7,37) e não «é imutável» (Q2,12) e que contém em si elementos que o «podem vir a fazer crescer» (Q7,37).

O conhecimento científico é objectivo porque é traduzido por modelos objectivos. Esses modelos objectivos são por si considerados como modelos coerentes em que «(...) por muitos dados novos que surjam, ..., mantêm a sua estrutura, (...), sem rupturas pelo meio, (...), e que dê[m] resposta a todas as questões que se levantem» (Q5,39), portanto, modelos que já deram «(...) quase que provas de que explicam bem a realidade» (Q5,39).

A objectividade da ciência, que decorre da objectividade dos seus modelos, parece ter para esta professora uma natureza dual. Por um lado, refere a necessidade da verificação e testagem dos modelos científicos em condições experimentais idênticas por diferentes pessoas, «mantendo todas as condicionantes iniciais, e, portanto, não alterando as condições experimentais» (Q5,49), para que possam ser considerados objectivos. Por outro lado, refere a importância da aferição de leituras feitas por diferentes pessoas no seio de uma comunidade científica, aferição essa baseada na repetição de experiências por diversos elementos da comunidade e por discussão das leituras feitas, com vista a estabelecer, por consenso, uma leitura comum de uma dada realidade.

Catarina parece também pressupor que a objectividade é um conceito relativo e não absoluto, quando rejeita a neutralidade do cientista no processo de construção do conhecimento científico (Q2,12,14) e, por consequência, a perspectiva de que a objectividade da ciência decorre da objectividade dos factos, pois que, em sua opinião, «os factos e a sua leitura tem a ver com a relação entre quem vê, quem observa e quem lê» (Q5,71). Esta ideia é reforçada pelas referências constantes que faz das influências do contexto científico, histórico e cultural na construção do conhecimento científico, referindo nomeadamente que «a objectividade [possível]... prende-se, ..., com uma visão..., que num dado contexto histórico e num dado contexto científico e cultural se faz de determinada realidade, porque (...) tendemos a uma certa, a uma leitura quase uniforme de uma mesma realidade, num dado momento, e tendo em conta um determinado contexto!» (Q5,69).

Produção do conhecimento científico:

Consistente com estas ideias expressas sobre a natureza da ciência, perspectivada globalmente como um processo dinâmico de construção do conhecimento da realidade pelo homem, esta professora concebe a realidade, enquanto objecto de estudo da ciência, como algo que não é exterior, nem independente do sujeito cognoscente. Como afirma, «a realidade também não é uma coisa imutável, porque ela depende... da forma como é lida (...); não pode ser ... tomada ... como um conceito absoluto, ..., é relativo» (Q2,14). Neste âmbito, a percepção da realidade é diferente de sujeito para sujeito: «a realidade tem leituras diferentes conforme quem a lê» (Q2,14), e essa diferente percepção de uma dada realidade depende, na sua perspectiva, «do "background cultural [do sujeito] e, ..., da evolução histórica» (Q4,16). A evolução da percepção da realidade está, por outro lado, de acordo com Catarina, associada à evolução da própria ciência, «porque à medida que o mundo vai evoluindo (...), as diferentes leituras vão-se acumulando e há novas formas de interpretar e de ler o mesmo facto» (Q4,18).

A evolução da ciência pode ser desencadeada de muitas maneiras: «quer... por essa necessidade, ..., de interpretar novas, novas formas de ver as coisas,..., de tentar encontrar explicação ..., [para] situações que até aí (...), não tinham sido consideradas problema, (...), [quer pela] necessidade do homem se ultrapassar a si próprio» (Q6,25), quer ainda, pela necessidade de dar resposta a problemas decorrentes de «exigências políticas de momento, ..., de desenvolvimentos políticos e da história» (Q6,25). Deste modo, destaca como elementos condicionantes da evolução da ciência, para além dos problemas que surgem devido à natureza hipotética e fálivel do conhecimento científico, o papel da sociedade e da história, pois na sua perspectiva «a própria sociedade impõe ritmos à própria ciência» (Q6,27) e a história coloca problemas, como a guerra, a que é necessário dar respostas.

Quanto à natureza do processo de evolução da ciência, Catarina parece reconhecer-lhe um carácter dual: por um lado, parece atribuir ao progresso da ciência um carácter cumulativo e continuista, quando refere que «as mudanças [no conhecimento científico] ..., se devem à acumulação, ..., de factos derivados da experimentação e observação» (Q7,29) e que, com a evolução da ciência, há uma evolução da «quantidade de...conhecimentos que se vão acumulando» (Q4,18); por outro lado, parece admitir que o progresso da ciência tem um carácter descontinuista, nomeadamente, quando refere que a evolução da ciência também se faz «por eliminação de erros e refutações ou rupturas, ou, mesmo consensos!» (Q7,29) provocada por «novos factos, (...), decorrentes..., [quer] de programas concretos de observação e..., consequente experimentação, (...) [quer] de pura reflexão teórica» (Q7,33).

Concebendo a ciência como «um processo [constante] (...), de perante uma dada realidade levantar novos problemas e tentar dar resposta a esses novos problemas» (Q1,4),

é natural que Catarina olhe o processo de produção do conhecimento científico como uma actividade de resolução de problemas.

A actividade científica é desencadeada a partir de problemas, que podem surgir «quer de interrogações que se colocam (...), com o campo concreto com que se trabalha, (...), quer de ... novas observações, de novas experiências, quer, inclusivamente, ..., de questões teóricas que se levantem» (Q1,6). Processa-se através de um plano de pesquisa que visa confirmar ou infirmar as hipóteses de resolução de um problema e que envolve a formulação de hipóteses «feita com base ...na ciência que está feita, naquilo...que está aceite pela comunidade científica nesse momento» (Q8,79) e a criação de «situações de investigação (...) e tirar conclusões» (Q1,10).

Neste processo de produção da ciência, Catarina vê a experimentação como «uma pedra importante no desenvolvimento da ciência» (Q11,83), enquanto «meio importante de verificação de hipóteses» (Q11,85) já que, na sua perspectiva, «[pode] pôr em causa ... a hipótese ou, de algum modo, a verificar [confirmar]» (Q11,85). Por outro lado, parece rejeitar a ideia de que a ciência possui um método único e universal -o “método científico”- quando explicitamente refere que «não necessariamente todos os processos científicos têm de passar por este método» (Q9,87), já que em sua opinião «porque [a actividade científica] é uma actividade de resolução de problemas, ..., o método a usar vai depender do tipo de problemas» (Q9,91). Esta ideia é reforçada por Catarina quando se refere ao método da ciência como um método que possui uma estrutura flexível, em que os passos a seguir dependem «do problema em si e da área do conhecimento [em que se insere]» (Q10,93), não tendo, portanto, que apresentar uma sequência e hierarquia perfeitamente definidas, características normalmente atribuídas ao designado método científico.

Em síntese, para Catarina a ciência é um processo dinâmico de conhecimento que visa a compreensão sistemática e profunda da realidade.

As explicações científicas consideradas como modelos têm uma natureza hipotética e falível e correspondem a tentativas de explicação pelo homem de uma determinada realidade, como resposta a problemas colocados tanto por questionamento do conhecimento científico existente, como por problemas que decorrem do confronto sistemático da teoria com a realidade e do contexto cultural, social e político existente numa determinada época.

A ciência, em evolução constante, progride quer por acumulação de factos derivados da observação/experimentação, quer por eliminação de erros e refutações ou rupturas do conhecimento existente decorrentes do surgimento de novos factos ou de uma reflexão crítica dos seus postulados. O progresso da ciência parece assim ser visto por Catarina como tendo simultaneamente: um carácter cumulativo e continuista, quando considera que as mudanças qualitativas se devem a acréscimos no conhecimento científico existente; um carácter descontinuista, quando refere que as mudanças no conhecimento científico se

devem a reconstruções do conhecimento existente a partir da crítica e reformulação dos seus princípios e postulados.

O conhecimento científico é considerado objectivo, atribuindo esta objectividade a uma padronização dos seus modelos e soluções propostas relativas à explicação de uma dada realidade, mediante a avaliação, no seio da comunidade científica, da sua pertinência lógica e experimental face ao saber estabelecido. Rejeita, assim, a ideia de uma objectividade da ciência decorrente da objectividade dos factos, da neutralidade conceptual das proposições científicas.

A realidade, enquanto objecto de estudo da ciência, é concebida por Catarina como algo que não é exterior nem independente dos sujeitos que a percebem; não é considerada como um dado científico certo e indiscutível. A percepção da realidade ocorre num determinado contexto conceptual e cultural e a tentativa da sua explicação requer a actividade criadora e inventiva dos cientistas. A actividade científica constitui, assim, uma actividade humana, simultaneamente individual e colectiva, de resolução de problemas de cariz teórico ou prático, que recorre a métodos múltiplos de acordo com a natureza do problema. Por outro lado, considera que o(s) método(s) da ciência apresenta(m) uma estrutura global flexível e envolve(m) uma interacção entre a teoria e a observação/experimentação na resolução de problemas, atribuindo à experimentação um papel importante na testagem das hipóteses com vista à sua infirmação ou confirmação.

2.2.2 - Representações pedagógicas de trabalho experimental

Para a professora Catarina o termo trabalho experimental designa uma actividade experimental com carácter investigativo. Assim, Catarina considera o trabalho experimental como uma actividade que deve reflectir as características do trabalho científico e, como tal, deve ser fundamentalmente encarada como uma actividade de resolução de problemas: «trabalho experimental acabo por utilizar muito (...) para investigação de um problema, ..., resolução de um problema de uma forma livre e a partir do material que lhes forneço...» (Q12,95), ou seja, «resolução de um problema concreto que se coloque, utilizando as leis que conhecem e tentando a partir do material conhecido, ..., montarem eles, desenrascarem, criarem o projecto de trabalho» (Q12,97).

Como características essenciais do trabalho experimental assim encarado, esta professora destaca, por um lado, o facto do trabalho experimental não dever partir do nada e, por outro lado, a importância da compreensão do problema pelos alunos.

Relativamente ao primeiro aspecto, Catarina refere frequentemente que a realização de trabalho experimental nas aulas de ciência só tem sentido se surgir integrado num determinado contexto conceptual ou, como ela própria diz: «(...) ou há esta reflexão, ou ele fica pela manipulação» (Q13,101). Deste modo, o trabalho experimental deve, na sua perspectiva, fundamentar-se nos conhecimentos prévios dos alunos, adquiridos em contextos formais e informais, e pressupõe uma reflexão conceptual e processual após a realização da actividade experimental. A este propósito refere o seguinte: «...eu acho

que não se parte do nada (...); nalguns assuntos completamente fora do dia-a-dia dos miúdos (...), vamos discutir o assunto primeiro (...), porque sem nada dificilmente me parece que eles construam alguma coisa sem bases nenhuma!» (Q13,103); «o conteúdo em si..., para que ele fique, de facto, tem que ser depois muito discutido, relacionado ... o que se fez experimentalmente com a teorização que se está a fazer dele, ou, que já se fez, ou que se vai fazer» (Q13,101) e, ainda, « (...) discutir o porquê do que é que aconteceu, e, se tiver tempo, de alterar as condições [experimentais] de modo a, se aquilo não era o previsível, tentar encontrar onde é que está a dificuldade» (Q13,101).

Em consonância com esta perspectiva, Catarina considera que as actividades experimentais ditas de "descoberta" são actividades que não têm objectivos para os alunos e que, como tal, se limitam à manipulação de material: «o ir à procura de alguma coisa que lhes está muito longe, sobretudo se as coisas não são muito do dia-a-dia deles, limitam-se um bocado a manipular material, e, portanto, a..., sem saber muito bem porque é que estão a fazer aquilo», em que « (...) a descoberta da lei acaba por ter que ser feita (...). conduzida pelo professor» (Q12,97). Do mesmo modo considera que as actividades experimentais como aplicação de receitas se limitam à manipulação de material, não possibilitando o estabelecimento de relações entre o que fazem e os conteúdos teóricos em jogo: «... eu acho que também é preciso serem capazes de seguirem uma receita, mas esta acho que é ... também me parece relativamente fácil,..., ler, leio, faz. leio, faz, e não, não cria relações entre as coisas...» (Q12,99).

Portanto, para Catarina o trabalho experimental não se limita à manipulação de material; é perspectivado fundamentalmente como uma actividade de resolução de problemas, cujo sentido e pertinência pressupõem uma mobilização do saber, do saber-fazer e do saber-ser, ou seja, uma interacção entre os conhecimentos e as capacidades e competências, bem como atitudes dos alunos. Em relação às atitudes que considera ser necessário mobilizar e desenvolver para e através do trabalho experimental, Catarina destaca «uma certa atitude científica que é, ..., a tal paciência para não desistirem às primeiras» (Q12,99), ou melhor, «esta capacidade que têm de procura e de resolução de problemas, de estabelecer um plano de trabalho, ou de seguir um plano previamente estabelecido, ..., de ser cuidadoso nessa manipulação, de ser rigoroso nas observações» (Q13,101), a que acrescenta a coerência e a honestidade.

Por outro lado, Catarina, ao referir que o trabalho experimental «deverá sempre partir de um problema que é preciso resolver» (Q13,109), faz ressaltar a importância da compreensão do problema pelos alunos. Assim, na sua perspectiva, um problema é algo que os alunos devem reconhecer como tal. A este propósito, e dando como exemplo o estudo experimental da relação de proporcionalidade entre forças e alongamentos numa mola elástica (9º ano), refere: «para eles [os alunos] isso não é um problema! Eles têm essa noção empiricamente! Portanto, aquilo não constitui, de facto, problema nenhum para eles» (Q13,103). Para obviar a isto, Catarina considera que o ideal consistiria em serem os próprios alunos a colocar o problema. No entanto, refere que isso é utópico, pois que «na

prática somos nós [professores] que, (...), o levantamos ou que o ajudamos a levantar» (Q13,109), na medida em que, como ela própria argumenta, um problema não «nasce naturalmente (...), temos por vezes que lhes fazer sentir que, afinal de contas, aquilo que eles pensavam que já era [um dado adquirido] ..., é de facto um problema» (Q14,115). Por outro lado, considera que o problema do professor pode não ser um problema para o aluno, «aquilo que para nós é fácil constituir como problema, (...), para eles nem sequer é [um problema]» (Q14,115), pelo que o problema tem de ser enquadrado nas «sabedorias anteriores deles» (Q14,115) e nos seus interesses.

Portanto, tudo parece indicar que, para Catarina, nem todas as situações propostas para um estudo experimental podem ser consideradas problemas pelos alunos. Na sua perspectiva, um problema deverá ser pertinente de modo a constituir um desafio para os alunos e deverá ter um grau de dificuldade suficiente ou seja, deve fundamentar-se no "background" cultural e conceptual dos alunos, de modo a que eles possuam uma «ferramenta para trabalhar» (Q15,123), necessária para a identificação e compreensão do problema em estudo, bem como para o desenvolvimento do processo investigativo.

O processo de investigação experimental envolve, de acordo com Catarina, a identificação e compreensão do problema de investigação pelos alunos, a concepção e execução pelos alunos de um plano experimental ou a utilização de um plano previamente definido pelo professor, e a interpretação e avaliação, mediante reflexão crítica, dos resultados experimentais.

O trabalho experimental, como uma actividade de carácter investigativo que envolve a resolução de um problema, é considerado por esta professora como «um vector fundamental» (Q14,111) do processo de ensino e de aprendizagem nas aulas de ciências, mas não «como processo único de aprendizagem!» (Q14,115). Deste modo, são diversos os valores educativos que atribui ao trabalho experimental. Para Catarina, o trabalho experimental, encarado como uma situação de aprendizagem que requer a mobilização pelos alunos dos seus saberes e a reflexão crítica sobre o trabalho desenvolvido, «vai contribuir, com certeza absoluta, para a construção do conhecimento» (Q15,126) científico pelos alunos. Por outro lado, considera que se o trabalho experimental for concebido como uma actividade cooperativa em que «domine uma certa liberdade ...de escolha de processos, ...,de serem capazes de resolver ..., os problemas, sem estar sempre na dependência de que o professor lhes resolva o problema, ou, os ajude a resolver o problema!» (Q16,117), contribui, na sua perspectiva, para: por um lado, o «desenvolvimento de capacidades de autonomia» (Q16,117), bem como da solidariedade e responsabilidade dos alunos e, por outro lado, o desenvolvimento progressivo de capacidades e atitudes científicas como «ser capaz de estabelecer um certo plano de trabalho, por simples que seja, (...), de trabalho no sentido de investigação; da paciência que é capaz, ..., enquanto as coisas decorrem; (...) [a] capacidade de observar, de registar, de relacionar, de relacionar aquilo que observou, ou, de ser crítico em relação aquilo que observou!» (Q15,121).

Da descrição e análise anteriormente elaboradas, sobressaem alguns aspectos que definem os contornos das representações pedagógicas de Catarina relativamente ao trabalho experimental no âmbito da educação em ciência.

Em primeiro lugar, o trabalho experimental é uma actividade realizada pelos alunos que não se limita à manipulação de material, nem à aplicação mecânica de instruções procedimentais definidas pelo professor. O trabalho experimental é concebido como uma actividade de carácter investigativo que envolve a resolução de um problema, e que só tem sentido e pertinência se fundamentado nos conhecimentos prévios dos alunos e se envolver uma reflexão conceptual e processual.

Em segundo lugar, um problema constitui, para Catarina, um objecto de pesquisa que tem uma natureza relativa e subjectiva. Na sua perspectiva, nem todas as situações-problemáticas propostas para um estudo experimental são reconhecidas como problemas pelos alunos. Um problema é algo que os alunos reconhecem como tal. Assim, considera que um problema deve ser pertinente, deve constituir um desafio para o aluno e ter um grau de dificuldade suficiente, ou seja, deve fundamentar-se no "background" cultural e conceptual do aluno e nos seus interesses. O processo de investigação experimental de um problema requer reflexão e o estabelecimento de relações entre o que se faz e os conteúdos teóricos em jogo, e envolve a identificação e compreensão do problema, a concepção e execução de um plano experimental e, ainda, a interpretação, discussão e avaliação crítica dos resultados e dos processos.

É o professor que selecciona o material a utilizar e que define, sozinho ou em conjunto com os alunos, o problema a estudar. Os alunos são encorajados a reflectir e a construir por si próprios um projecto de trabalho, portanto, a assumir o controlo sobre todas as etapas do desenvolvimento do processo de resolução do problema.

Finalmente, Catarina identifica o trabalho experimental como um vector fundamental do processo de ensino e de aprendizagem nas aulas de ciências, mas não como o único. Na sua perspectiva, o trabalho experimental, concebido como uma actividade cooperativa e autónoma, que requer a mobilização pelos alunos dos seus saberes, a escolha de estratégias de resolução e a reflexão crítica sobre o trabalho desenvolvido, pode desempenhar uma função de ensino e de aprendizagem e uma função de desenvolvimento dos alunos. Deste modo, reconhece ao trabalho experimental diversos valores educativos, quer como um meio que favorece a construção do conhecimento científico pelos alunos, quer como um processo que pode contribuir para o desenvolvimento de determinadas capacidades e atitudes dos alunos. Assim, o trabalho experimental parece constituir um meio de ensino e de aprendizagem propício à formação pessoal e social dos alunos.

2.2.3 - Prática em sala de aula

Foram observadas duas sequências de actividades experimentais num total de cinco aulas, tendo a primeira sequência decorrido em duas aulas (2 horas) e a segunda sequência

em três aulas (4 horas). A observação incidiu sobre duas actividades experimentais no âmbito do estudo da mecânica, realizadas numa turma do 10º ano, tendo a primeira recaído sobre o estudo do movimento de um corpo num plano inclinado e num plano horizontal e a segunda sobre a determinação da força de atrito numa situação de movimento de corpos ligados. A escolha das sequências e da turma a observar foi feita pela professora.

A turma observada era composta por vinte alunos que, de acordo com a opinião da professora, tem um aproveitamento global médio na disciplina de Física-Química e em que a maioria não tem qualquer experiência de trabalho em laboratório.

As aulas observadas decorreram no laboratório do Física (1ª sequência) e numa sala de aula normal (2ª sequência), com o colectivo dos alunos distribuídos por grupos de 3 ou 4 alunos. O laboratório de pequenas dimensões, com seis bancadas em pedra, apresenta uma estrutura tradicional, comum a todos os laboratórios das antigas escolas técnicas. O equipamento e o material laboratorial em condições de utilização são considerados insuficientes pela professora. O material utilizado nas aulas observadas era sobretudo material que foi sendo adquirido e improvisado pelos professores da escola ao longo dos anos: calhas de cortinados, esferas de rolamento, uma tábua de contraplacado rugosa, etc. Existe uma funcionária que dá apoio ao laboratório.

Estrutura global das actividades experimentais:

As aulas experimentais observadas nas duas sequências ocorreram no contexto do estudo da mecânica, depois dos conceitos científicos envolvidos na actividade a realizar já terem sido trabalhados, em aulas anteriores.

As sequências em questão iniciaram-se com a concepção e execução de um plano experimental (orientada ou não por uma ficha experimental, seguida da elaboração de um relatório pelos alunos) e terminaram com a análise e exploração da situação física em estudo.

Em cada sequência de aulas observadas foi possível distinguir essencialmente três momentos. Um primeiro momento em que se procedeu à organização do trabalho a desenvolver e que envolveu a indicação pela professora do tema do trabalho e a distribuição do material de suporte da actividade pelas mesas de trabalho dos vários grupos de alunos.

Num segundo momento desenvolveu-se a actividade experimental propriamente dita, durante uma hora no caso da primeira actividade e duas horas na segunda. Os alunos, organizados em grupos, começaram por fazer a montagem experimental de acordo com um esquema indicado pela professora, e só depois passaram à análise da situação problemática proposta por Catarina, tentando identificar as variáveis em jogo. Esta análise, feita pelos alunos, foi orientada na primeira actividade por uma questão de uma ficha experimental de apoio fornecida pela professora. Após a identificação das variáveis a medir, os alunos conceberam e executaram um plano experimental para a medição dessas

variáveis, e efectuaram o respectivo registo dos resultados. A professora acompanhou todo o desenvolvimento da actividade, questionando e incentivando alunos.

No terceiro e último momento procedeu-se à análise e exploração da situação física em estudo, que teve por base a interpretação dos resultados experimentais já feita pelos alunos, na aula anterior ou em casa, e que constavam de um relatório por eles elaborado relativamente a cada uma das actividades realizadas. Esta análise do trabalho realizado, que demorou uma hora no caso da primeira actividade e duas horas na segunda, foi feita essencialmente pelos alunos, recorrendo aos seus saberes sobre os conceitos envolvidos no fenómeno em estudo, através de um debate orientado pela professora.

Natureza do processo:

As duas actividades experimentais observadas apresentaram uma estrutura global semelhante, embora com diferentes níveis de estruturação.

A primeira actividade observada apresentava um maior nível de estruturação, uma vez que tinha como suporte uma ficha experimental e o material necessário à realização da actividade, que foi seleccionado à partida pela professora. A ficha experimental continha: «o esquema da montagem a realizar e três questões: uma, de carácter teórico, que fomentava a análise da situação em estudo em termos de forças e duas, de carácter teórico-prático, que traduziam os objectivos da actividade -a caracterização do movimento e o estabelecimento da equação do movimento» (Registo de aula (17.0194), pelo que fornecia orientações globais relativamente à análise da situação experimental proposta e sobre os produtos desejados com a realização da actividade.

Na segunda actividade observada, com um menor nível de estruturação, não foi fornecida qualquer ficha de apoio, mas algumas orientações gerais, que foram registadas pela professora no quadro, no início da segunda sequência:

«1) Representa as forças que actuam em cada um dos corpos (s/preocupação de escala); 2)Estabelece um plano de trabalho que te permita determinar o valor do atrito; 3) Chama a professora se for necessário; 4)Executa o plano de trabalho; 5) Representa novamente as forças, tendo agora em atenção os seus valores e a escala à escolha; 6) Identifica os pares acção-reacção» (Registo de aula (3.0394)).

A professora fez também no quadro um esquema da montagem experimental, mas neste caso o material que forneceu poderia não ser utilizado na sua totalidade na execução da actividade experimental. Estas orientações configuram um contexto que propicia um maior envolvimento dos alunos no desenvolvimento da actividade.

Assim, apesar deste nível maior ou menor de estruturação e do ponto de partida das duas actividades ser uma situação-problemática proposta pela professora -a caracterização do movimento de um corpo, no primeiro caso, e a determinação do valor da força de atrito numa situação de movimento de corpos ligados, no segundo caso- e apesar das orientações fornecidas que definiram a montante o produto desejado, desencadeou-se todo um processo de resolução que envolveu os alunos na pesquisa da solução para essa

situação-problemática e que exigiu, da parte destes, a mobilização de saberes de diversa ordem.

Com efeito, os alunos tiveram um papel preponderante no desenvolvimento dos diversos elementos da actividade. Em actividade de grupo envolveram-se no reconhecimento e redefinição da situação-problemática, tendo para o efeito que fazer a interpretação do que estava em jogo na situação em estudo à luz dos seus saberes e a identificação das variáveis dependentes e independentes. Veja-se, a este propósito, o seguinte registo:

«Depois de discutirem entre si, chegaram à conclusão que o valor da aceleração que determinaram experimentalmente era a aceleração resultante dos dois corpos ligados. Passaram então a analisar quais as forças presentes e as relações entre elas» (Registo de aula (3.03.94)).

Do mesmo modo, foram os alunos que conceberam o plano experimental, ou seja, que seleccionaram o melhor caminho conducente à solução da situação-problemática proposta. Para tal, os alunos tiveram que tomar decisões sobre quais as variáveis a medir e os processos de medição. Relativamente a esta etapa do trabalho fez-se o seguinte registo no decurso da segunda sequência:

«...os vários grupos tentaram resolver o problema em questão -a determinação da força de atrito numa situação de movimento de dois corpos ligados, seguindo diferentes caminhos: enquanto uns analisavam e discutiam entre si quais as forças em jogo e o papel no movimento dos corpos, de modo a estabelecerem um plano de trabalho, outros começaram por fazer a medição de algumas grandezas» (Registo de aula (3.03.94)).

A selecção do material e a montagem experimental a utilizar não foram feitas pelos alunos, uma vez que, como já se referiu, quer uma coisa quer outra foram definidas, à partida, pela professora. Foram, contudo, os alunos que executaram o plano experimental: montaram o material de acordo com o esquema fornecido, efectuaram as medições necessárias e o registo dos resultados experimentais, após o que fizeram o cálculo das variáveis dependentes e a interpretação destes resultados.

A professora desempenhou um papel preponderante na definição das actividades, mas no decurso da sua realização assumiu fundamentalmente um papel de acompanhamento e orientação do trabalho dos alunos. Relativamente à definição das actividades, Catarina chamou a si o papel de definição do domínio da actividade bem como da situação-problemática, a selecção do material a ser utilizado pelos alunos na sua totalidade ou em parte, a definição do esquema da montagem experimental e, ainda, o fornecimento de orientações, em suporte escrito ou no quadro, sobre algumas vertentes a ter em conta pelos alunos na interpretação dos resultados.

No decurso da realização da actividade, Catarina circulou pelos vários grupos de trabalho, incentivando os alunos para que autonomamente concebessem o plano experimental e colocando questões no sentido de os ajudar a clarificar as suas ideias. Num grupo de trabalho registou-se o seguinte diálogo:

«Um aluno desse grupo chama a professora e diz: *Professora dê aqui uma ajudinha!*

P.: *Têm que pensar como poderão calcular a força de atrito.*

Mais tarde, um aluno deste grupo diz para a prof.: *Tem que haver uma aceleração devido às forças que actuam no corpo.*

P.: *Está bem, mas vão ter de pensar quais as etapas que têm que seguir-* deixa os alunos.

(...)

Noutro momento, a professora chega junto do grupo e pergunta: *A que conclusão é que chegaram?*

Os alunos desse grupo respondem: *Ao valor da aceleração.*

P.: *É a aceleração de quê?*

Um aluno diz que a aceleração do peso e do carrinho são iguais e um outro aluno do mesmo grupo diz que são diferentes.

A professora diz aos alunos que têm que continuar a discutir entre eles até chegarem a um consenso» (Registo de aula(3.03.94)).

Este papel de orientação da actividade foi também assumido por Catarina nas aulas de discussão do trabalho realizado. Esta discussão do trabalho, feita depois de os alunos terem elaborado o respectivo relatório, envolveu não só a interpretação dos resultados, mas também a análise da situação problemática em estudo e a discussão e interpretação das estratégias experimentais adoptadas pelos diversos grupos de trabalho. Para o efeito estabeleceu-se um debate orientado pela professora mediante questões abertas ou semi-estruturadas, em que se fez a análise e avaliação crítica quer da concepção e desenvolvimento do plano, quer da pertinência e adequação da solução obtida. É interessante notar que o diálogo que se estabeleceu foi por vezes suscitado por questões colocadas pelos alunos e desenvolveu-se entre eles com uma intervenção mínima da professora. Veja-se, como exemplo, dois extractos dos registos feitos relativamente às aulas em que ocorreu a discussão dos trabalhos realizados, respectivamente da primeira e segunda sequência:

-«P.: *A 1ª pergunta [da ficha experimental de suporte à primeira actividade] era para fazer a representação das forças; importas-te de o fazer aí no quadro?*

Aluno (X) no quadro representa as forças que actuam na esfera quando esta se movimenta no plano inclinado (troço AB) e no plano horizontal (troço BC).

P.: *No troço BC puseste a força de atrito. como é que experimentalmente poderias ter chegado a essa conclusão?*

Aluno (X): *Como a F_n anula a F_g , se na calha pusessemos uma esfera com uma dada velocidade e se ela acabasse por parar é porque havia atrito.*

P.: *Mas porque é que parando conclusis que havia atrito?*

Outro aluno intervém: *Porque F_a é contrária ao movimento e acaba por parar.*

P.: *Não tinhas outra forma de descobrir que havia força de atrito; outra forma de resolver isso?*

Um outro aluno: *Em AB há uma força que o faz descer- professora não o deixa acabar e pergunta: Mas no troço BC há uma força que o faz descer? - vira-se para o aluno que está no quadro e diz: Mostra-me aí qual é a força que o faz descer em AB.*

(...)

P.: *O grupo que disse que não havia atrito pôs essa hipótese; vamos agora ver no caso de haver atrito quais eram os tipos de movimento nos dois troços?*

Aluno (Z) no quadro escreve os tipos de movimentos nos dois troços.

Um outro aluno pergunta: *É uniformemente porquê?*

Vários alunos respondem à pergunta do colega.

-um aluno: *Porque a aceleração é constante;*

-outro aluno: *Traçava o gráfico (s,t) e dava uma recta-a professora intervém e pergunta: O gráfico (s,t) dava uma recta? - o aluno emenda: É o gráfico (v,t) é que dava uma recta.*

-ainda outro aluno: *Pela equação do movimento determinava a aceleração em diferentes troços e se fossem iguais o movimento era uniformemente*

Professora chama a atenção para esta resposta e repete novamente o que o aluno disse» (Registo de aula (28.02.94)).

-« (...) Prof. dirige-se a um aluno (Y) de outro grupo: *Que dados é que tu recolheste? Ou, como é que pegaste no problema?*- e comenta que há muitas maneiras.

O aluno (Y) vai ao quadro e escreve: $F_a = \Delta F_g + F_r$

Prof. pergunta: *O que é para ti ΔF_g ?*

Aluno (Y): *É a diferença das forças gravíticas.*

P.: *O que é que tu vais obter quando fazes a diferença das forças gravíticas [do corpo A e do corpo B] o que é que vais obter?*

Aluno Y não responde .

Prof. diz que vai fazer a pergunta de outra maneira e diz: *Antes de continuar se calhar é melhor perceber o que se passa com essas forças todas. Pensa 1º no corpo A [carrinho que se move em cima de uma mesa]. Começa pela força F_g .*

Aluno (Y): *F_g e F_n vão-se anular porque têm a mesma intensidade*

Prof. questiona os alunos sobre o que é um par acção-reacção.

(...)

Prof. conclui: *Só se podem anular forças se estão aplicadas sobre o mesmo sistema ou sobre o mesmo corpo - e, pergunta: Em termos de efeitos práticos quais são as forças que estão a actuar sobre o corpo A?*

Aluno Y indica quais são.

P.: *E o que é que vai acontecer a estas forças todas? A estas duas forças?*

Aluno: *Esta [a tensão de B sobre A] vai ser maior que a força de atrito.*

P.: *E o que vai acontecer à resultante dessas duas forças?*

(...)

P.: *O que é que essas duas forças vão fazer no corpo A?*

Aluno (Y) representa no quadro, ao lado do esquema, as forças que estão a actuar o corpo A.

P.: *E sobre o corpo B? Que forças é que actuam sobre o corpo B?*

Aluno (Y): *A força gravítica e esta força aqui [a força de A sobre B]».*

Prof. pede-lhe para representar essas forças como fez para o corpo A- o aluno representa.

P.: *Qual é que é maior?*

Aluno (Y) diz: *A força gravítica é maior que a força que A exerce sobre B.*

Prof. conclui: *É uma forma de se pegar no problema e vamos depois explorá-la -e, propõe que se passe a uma outra abordagem do problema: Até aqui estivemos a analisar as forças sobre um corpo e as forças sobre o outro corpo, tínhamos dois corpos, dois sistemas. Suponham agora que em vez de estar a fazer este estudo separadamente, iria considerar como sistema os dois corpos A e B, os dois corpos em simultâneo. Quais eram as alterações que existiriam aqui?*

Um aluno: *A força de B sobre A vai anular a força de A sobre B - prof. repete a resposta do aluno.*

P.: *E como é que isto ficaria em termos de forças? Em termos práticos que forças é que sobravam sobre o sistema?*

Um aluno: *F_a e F_g - prof. pergunta de que corpo.*

Um aluno (Z): *A F_g do corpo B e a F_a »*

P.: *E essas forças que sobraram que efeito têm sobre o sistema?*

O aluno (Z): *Movimentava o corpo e o peso- a prof. pergunta: E como era a resultante dessas forças?*

O aluno (Z) vai ao quadro representar as forças que referiu.

P.: *Então como é que nesta altura tu irias resolver o teu problema. como é que irias calcular a força de atrito?*- a prof. sintetiza a análise já feita da situação, repete a pergunta anterior e acrescenta: *Para que te servem estas duas forças?*

Aluno (Z): *Ja achar a Fg de B.*

O aluno calcula a Fg (a massa de B tinha sido determinada experimentalmente).

P.: *E agora?* - um aluno diz que têm que calcular a força de atrito.

O aluno (Z) comenta: *Isto era mais fácil como nós fizemos.*

Prof. pergunta: *Então diz lá como é que vocês fizeram?*

(..)» (Registo de aula (7.03.94))

Esta etapa conclusiva do processo de desenvolvimento das actividades experimentais realizadas consistiu, assim, num momento de confronto dos processos seguidos e dos resultados obtidos pelos vários grupos e da sua avaliação à luz do quadro conceptual subjacente às situações experimentais consideradas, através de interações professora-alunos e alunos-alunos. Estas interações constantes foram suscitadas por Catarina, que conduziu as aulas de exploração das actividades realizadas questionando os alunos, exigindo a explicação dos porquês e estimulando a colocação de questões. Deste modo, os alunos participaram activamente na exploração e re-avaliação teórica das suas próprias estratégias de resolução da situação-problemática em estudo, mobilizando para o efeito os saberes já adquiridos em aulas anteriores, respondendo às questões colocadas pela professora ou colocando eles próprios questões.

Papel das actividades experimentais:

Tendo em conta o contexto em que se desenvolveram, parece poder afirmar-se que as duas actividades experimentais observadas tinham como função primordial aprofundar e ampliar o campo de aplicação dos saberes científicos dos alunos, nomeadamente em relação aos conceitos cinemáticos e dinâmicos envolvidos. Com efeito, Catarina, ao centrar estas actividades na resolução de um problema, que se mostrou adequado e pertinente para aqueles alunos, de modo a que estes utilizassem os seus conhecimentos prévios na concepção e desenvolvimento de um plano de pesquisa da solução para o problema, criou oportunidades para que os alunos explorassem e desenvolvessem a sua compreensão dos conceitos envolvidos, para além de estimular o desenvolvimento de outras capacidades e competências.

Em conclusão, da descrição e análise dos dados de observação de cinco aulas, num total de seis horas, sobressaem algumas vertentes que, de algum modo, possibilitam a caracterização das práticas em sala de aula da professora Catarina, relativas à realização de trabalho experimental.

Uma primeira vertente a salientar tem a ver com a natureza das actividades desenvolvidas. As duas actividades experimentais observadas podem ser consideradas como actividades de carácter investigativo, na medida em que o seu processo de desenvolvimento apresenta elementos que lhe conferem esse carácter, como sejam a análise e compreensão de uma situação problemática, a concepção e execução de um plano

experimental e a avaliação e interpretação de resultados. Assim, evidenciam-se como aspectos fundamentais do processo desenvolvido o facto de se tratar de um processo de resolução de um problema e o facto de não ter uma estrutura definida à partida.

Além disso, não se tratando de um processo linear e sequencial com etapas previamente definidas, mas de um processo pouco estruturado e aberto, possibilitou a diversidade de estratégias experimentais de resolução da situação em estudo e um grande nível de controlo dos alunos sobre as diversas fases do seu desenvolvimento.

Deste modo, os alunos, em actividade cooperativa e autónoma, assumiram a iniciativa da planificação e selecção duma estratégia experimental para pesquisa da solução para a situação-problemática proposta, e participaram na avaliação e interpretação dos resultados obtidos, mobilizando para o efeito o seus conhecimentos anteriores sobre os conceitos envolvidos em cada situação. Catarina, embora tenha definido o problema e seleccionado o material, assumiu essencialmente um papel de orientação e de coordenação da actividade dos alunos.

Uma segunda vertente a salientar prende-se com o papel destas actividades no processo de ensino e de aprendizagem da Física-Química. Face ao contexto e à natureza das actividades observadas, parece plausível considerar que para Catarina o trabalho experimental não desempenha apenas uma função de ensino de conteúdos científicos, mas, sobretudo, uma função de aprendizagem e de formação dos alunos. Esta hipótese parece ser corroborada se se atender a que estas actividades, ao serem desenvolvidas num ambiente de liberdade e de responsabilidade e ao promover-se a cooperação entre os alunos na pesquisa de uma solução para um problema e, portanto, o confronto de saberes de diversa ordem e a tomada de decisões, podem constituir uma via educativa propiciadora do desenvolvimento de determinadas capacidades e atitudes consideradas fundamentais para o desenvolvimento pessoal e social dos alunos.

2.3 - Professora Leonor

2.3.1 - Representações de ciência

Natureza do conhecimento científico:

Para Leonor ciência «é tudo o que evolui (...) em qualquer sentido!» (Q1,2). Este carácter dinâmico da ciência, por si considerado com uma das suas características distintivas, significa, de acordo com as suas palavras, que «(...) não estagna! Evolui! (...) [que] não temos ideias que ficam pré-concebidas! (...) Há sempre alguma coisa que vai contribuir ..., para se mudar, ou, para completar!» (Q1,6).

Outra característica específica da ciência tem a ver com o facto de se basear «muito nos factos experimentais» (Q1,4). Este aspecto distintivo da ciência é referenciado repetidamente por Leonor ao longo de toda a entrevista. Aliás, é este o argumento que utiliza para referir que na ciência não intervêm processos de criação e de invenção. Como

sublinha, os conceitos e ideias em ciência têm que assentar numa «base sólida» (Q2,10), na interpretação de resultados de estudos experimentais muito morosos (Q2,12,14).

As explicações científicas decorrem, assim, da descoberta de relações entre os dados experimentais (Q4,53). Portanto, tudo parece indicar que Leonor olha o conhecimento científico como uma reprodução fiel de uma realidade considerada como um dado já feito, isento de referentes conceptuais.

Consonante com esta ideia, Leonor considera que o conhecimento científico é objectivo e traduz verdades absolutas. Atribui este carácter objectivo e absoluto do conhecimento científico ao facto de ele «[poder] ser comprovado experimentalmente! (...) [poder] ser observado!» (Q5,111) e de se basear em resultados experimentais considerados inquestionáveis, que «são dados como absolutos! ..., esses resultados ..., merecem confiança! São fidedignos!» (Q5,113). Assim, dizer que o conhecimento científico é objectivo equivale, segundo a sua perspectiva, a afirmar que uma «teoria não[é] questionável ...é mesmo aquilo que acontece, acaba por ser uma verdade absoluta» (Q5,115).

Todavia, Leonor, partindo do pressuposto de que a ciência é um processo dinâmico de conhecimento, reconhece que na evolução da ciência há patamares de certeza e de objectividade; argumenta que pelo facto da ciência evoluir estes atributos do conhecimento científico são momentâneos: as verdades absolutas que existem num determinado momento dão lugar a outras verdades absolutas.

Nestas circunstâncias, salienta que o conhecimento científico é relativo e falível face ao tempo: «Para traduzir verdades absolutas, significava que o que se tinha pensado sobre um determinado fenómeno, o que se tinha observado, (...), era sempre o mesmo, e não havia evolução, ..., quer dizer as coisas já seriam completas! Estavam acabadas!» (Q3,67). De igual modo, Leonor sugere que a objectividade muda com a evolução da ciência; «[uma teoria] é objectiva enquanto ..., essa determinada teoria for aceite» (Q5,109), o que corresponde, na sua perspectiva, a que quando os factos sobre os quais se fundamenta a sua objectividade mudam, essa objectividade é posta em causa, dando lugar a uma outra teoria, ela própria objectiva.

Produção do conhecimento científico:

Estas ideias expressas sobre a natureza do conhecimento científico parecem consistentes com a forma como Leonor concebe o seu processo de produção. Com efeito, interpretando a realidade, o objecto de estudo da ciência, como algo que é exterior e independente do homem (Q4,35), indica que a sua percepção se faz, sobretudo, através da observação e experimentação. Leonor admite também que os conhecimentos acumulados até ao momento possam influenciar a percepção de uma determinada realidade. Porque «há determinadas coisas que ...agora se sabe, mas que anteriormente não se sabia» (Q5,127), esta professora refere que, face a esta mudança do conhecimento, é possível que neste momento se percepcione de modo diferente uma mesma realidade. Pode ainda ser

influenciada, segundo Leonor, por algumas características do sujeito cognoscente, como o seu empenho e sensibilidade: «depende da maneira como a pessoa está a executar esse seu próprio trabalho! Há pessoas que empenham muito; há outras ..., que não! E, ..., que só ligam aos aspectos supérfluos!» (Q4,27).

No entanto, apesar de Leonor reconhecer que podem existir estas condicionantes da percepção da realidade, a observação e experimentação constituem de facto, para esta professora, os eixos fundamentais da actividade científica e do progresso da ciência, quer como fontes de dados para a elaboração do conhecimento científico, quer como meios de prova desse mesmo conhecimento (Q8,193,195; Q10,199; Q11,157,159,173).

A evolução da ciência deve-se, assim, ao surgimento de novos dados decorrentes de meios de experimentação mais refinados (modificações das condições experimentais) que põem em questão os resultados obtidos no passado(Q6,79), ou, utilizando as suas palavras, «avança-se no conhecimento porque ...contesta-se! Criticam-se as teorias, ..., fazem-se novas experiências! ...Tiram-se novas conclusões»(Q8,151).

Deste modo, esta professora parece atribuir ao processo de evolução da ciência sobretudo um carácter cumulativo e continuista: Esta ideia evidencia-se também pelas referências constantes de Leonor às mudanças qualitativas do conhecimento científico por via da reformulação ou completamento dos conhecimentos anteriores, suscitadas pela acumulação de novos factos derivados da observação/experimentação (Q3,57,65, 67; Q7,87,89,91).

A actividade científica, perspectivada como «tudo o que engloba as experimentações, pôr em dúvida, ou não, determinada concepção que se tinha» (Q11,193), é uma actividade que faz uso do método científico. Processa-se a partir dos resultados/conhecimentos anteriores e da observação com vista à formulação de hipóteses, seguida da sua comprovação por experimentação e formulação das teorias. A este propósito, Leonor afirma: «há que primeiro observar, ..., sobre essa observação há que formular uma hipótese! ..., depois há que experimentar essa hipótese, verificar (...) se pode ser uma conclusão ou não» (Q9,213).

O método científico, que parece ser visto por esta professora como um método específico da ciência, seria constituído por aquelas etapas, bem definidas e hierarquicamente organizadas. Isto corresponde, em sua opinião, à utilização de «uma sequência lógica» (Q9,209) na produção do conhecimento científico, mas, como sublinha, nem sempre é um processo linear, pois «por vezes [a] interpretação [dos resultados], e, depois, as próprias conclusões não são ..., tão fáceis, ..., quanto isso, ..., há que repetir novamente. (...) Só depois da experimentação e dos resultados serem feitos muitas vezes, é que chegamos, realmente, à interpretação, [e] posteriormente às conclusões» (Q9, 203). Deste modo, evidencia-se, mais uma vez, a ênfase concedida por Leonor à observação e experimentação enquanto fontes de dados objectivos, inquestionáveis, por si considerados como os fundamentos seguros do conhecimento científico.

Da análise destas ideias sobressaem alguns aspectos relativos à forma como Leonor concebe o conhecimento científico e o seu processo de produção, que permitem caracterizar as suas representações de ciência.

A ciência, considerada como um campo de saber em constante evolução, fundamenta-se em factos, dados objectivos resultantes de processo exaustivos de observação e experimentação, levados a cabo pelos homens de ciência. Deste modo, as explicações científicas, perspectivadas sobretudo como o resultado de processos de descoberta de relações entre os factos, não são consideradas por esta professora como construções do homem.

Por outro lado, Leonor parece rejeitar a ideia de que existe uma dialéctica sujeito-objecto no processo de conhecimento. De facto, ao admitir a existência de uma única racionalidade no processo de conhecimento, é natural que para esta professora a percepção da realidade, considerada com exterior e independente do homem, se faça pela utilização de um método específico da ciência, único e universal -o método científico- com base no qual é possível estabelecer e validar com toda a segurança e objectividade, por um processo de inferência - as teorias científicas. Assim, é também natural que o conhecimento científico, porque baseado em factos objectivos, fidedignos, seja considerado por Leonor como um conhecimento objectivo que traduz verdades absolutas.

No entanto, refere que estas características do conhecimento são relativas face ao tempo, o que na sua perspectiva significa que, uma vez que a ciência evolui e portanto ocorre uma mudança no conhecimento científico, este tem um carácter relativo e falível.

Fica, contudo, a questão de saber se esta ideia expressa por Leonor sobre a relatividade e falibilidade do conhecimento científico face ao tempo, não estará sobretudo relacionada com uma certa incerteza que esta professora parece associar ao conhecimento científico, devido a dificuldades em fazer evidenciar todos os factos inerentes à situação que se pretende estudar. Esta ideia parece, aliás, evidenciar-se quando destaca como factores essenciais do progresso da ciência o surgimento de novos factos que podem pôr em causa os conhecimentos anteriores e levar à sua reformulação por completamento. Este modo de olhar o progresso da ciência indicia que, para esta professora, este tem sobretudo um carácter cumulativo e continuista. Neste processo de evolução da ciência, tal como no seu processo de produção, a observação e experimentação destacam-se como as etapas fundamentais.

2.3.2 - Representações pedagógicas de trabalho experimental

O termo trabalho experimental serve para designar, na perspectiva de Leonor, uma actividade experimental em que são os alunos que manipulam o material e elaboram as conclusões: «trabalho experimental é (...) [os alunos] realizarem quanto possível, e quantas mais vezes melhor, eles as experiências e chegarem eles aos resultados e, depois, ...esses resultados serem discutidos na aula com o professor»(Q12,233). Pressupõe também a existência de um guião com as instruções necessárias para os alunos realizarem a

actividade. Aliás, é a leitura prévia deste guião, juntamente com indicações dadas pelo professor sobre «o que é que se vai fazer, [e] porque é que vai fazer» (Q12,233) que constituem, para Leonor, a preparação da actividade. Ainda relativamente à organização da actividade há a assinalar um aspecto que Leonor refere e que tem a ver com a conclusão da actividade. Para esta professora, o trabalho experimental «só finaliza quando há ..., o recolher de todas as conclusões de todos os grupos da sala, ..., e chega-se a dados mais objectivos, ..., porque, por vezes, eles podem não ter chegado ao resultado esperado, ou, podem ter feito aquilo de outra maneira, ou, terem tirado conclusões erradas, (...) e, depois, (...) acaba com a explicação do professor! Para consolidar melhor, ..., as coisas» (Q12,233).

Deste modo, para Leonor, as aulas de realização de trabalho experimental, perspectivado como uma actividade orientada por uma ficha com indicações do que os alunos devem fazer, parecem organizar-se globalmente em torno de três momentos: um momento de preparação (leitura das fichas pelos alunos e indicações gerais sobre o que vão fazer, dadas pela professora); o momento de execução das fichas; e, por último, uma interpretação de resultados feita pela professora, de modo a assegurar que as conclusões do trabalho sejam as desejadas.

O trabalho experimental encarado como uma actividade de carácter investigativo deve, em sua opinião, reflectir as características do trabalho científico. Isto significa, em consonância com a forma como concebe o processo de produção do conhecimento científico, que nessa actividade se utilizem todas as etapas do método científico. Assim, indica que deve «haver toda uma sequência de observação, de experimentação, ..., da interpretação de resultados, e, ..., chegarem eles próprios às conclusões e, ..., posteriormente serem debatidas» (Q14,260). Pressupõe também, para Leonor, a existência de uma ficha «para os orientar (...), de modo a que eles não se perdessem» (Q14,266); uma ficha com indicações relativas às várias etapas e que, como refere, inclui essencialmente os seguintes pontos: «primeiro, formula a hipótese, o que é que achas que vai acontecer? Depois faz a experiência, ..., agora, interpreta esses mesmos resultados. Era realmente aquilo que estavas à espera, ou, não era?» (Q14,266).

Neste processo, a formulação de hipóteses decorre, segundo Leonor, da observação do fenómeno e da intuição dos alunos, ou seja, o que eles «esperam que vá acontecer» (Q13,247) e que serão depois verificadas através da experimentação.

A importância do trabalho experimental no processo de ensino/aprendizagem da Física e Química é frequentemente realçada por esta professora. Contudo, refere que a implementação de actividades de carácter investigativo requer uma outra organização dos tempos curriculares, de modo a que «as aulas experimentais (...) demorassem um bocado mais de tempo, para que (...) [os alunos] ao estarem a realizar a experiência não estivessem à pressa, com medo que já desse o toque de saída» (Q14,266). Requer, ainda, para Leonor, que haja «disponibilidade» do laboratório, que normalmente se encontra ocupado, e exista material em quantidade suficiente e em boas condições de utilização.

Interpretando preferencialmente o trabalho experimental como uma actividade que deve possibilitar aos alunos «verificarem eles próprios, (...), [verem] que realmente é assim» (Q14, 255), é natural que Leonor atribua ao trabalho experimental, sobretudo, uma função de ensino dos conteúdos teóricos. De facto, para esta professora, através da realização de experiências, os alunos «conseguem visualizar, conseguem perceber e conseguem não esquecer tão depressa das coisas que se lhes dizem» (Q12,233), assim como «ficam mais sensibilizados para aquele aspecto [determinado conceito ou lei], ficam mais convencidos» (Q14,256). Deste modo, é também natural que Leonor realce como valores fundamentais do trabalho experimental o favorecer a compreensão dos conteúdos científicos pelos alunos e a sua memorização: «ajuda a perceber, a ficar, a lembrar, ajuda, ao fim e ao cabo, ... a interiorizar e a consolidar melhor as ideias» (Q15, 270). Em termos do desenvolvimento pessoal dos alunos, Leonor refere que, pelo facto do trabalho experimental possibilitar a interpretação e crítica dos resultados, talvez contribua para que desenvolvam o espírito crítico e criativo, mas coloca sobretudo a ênfase no desenvolvimento da sua auto-confiança. A este propósito refere que «os faz sentir auto-confiantes por conseguirem realizar alguma coisa» e, deste modo, o trabalho experimental «torna os indivíduos mais ricos, ..., mais abertos, mais comunicativos!» (Q16,276), aspecto que reputa de fundamental para a evolução dos alunos e mesmo para o seu futuro.

A análise destas ideias expressas por Leonor evidencia uma representação pedagógica de trabalho experimental em que sobressaem vários aspectos que importa sintetizar.

Em primeiro lugar, o trabalho experimental parece ser concebido fundamentalmente como uma actividade de aplicação de receitas, ou seja, uma actividade em que os alunos devem aplicar as regras e procedimentos definidos previamente pelo professor. O trabalho experimental, como uma actividade de carácter investigativo, parece não se distinguir de outras actividades experimentais, já que, por um lado, em ambos os casos o seu processo envolve a aplicação de instruções fornecidas pelo professor e, por outro, não é feita qualquer referência à utilização de problemas ou questões abertas que envolvam os alunos na tomada de decisões sobre os processos de resolução, com vista à pesquisa de soluções para esses problemas.

A diferença parece residir no número de passos a considerar no desenvolvimento das actividades. No trabalho experimental em geral, os passos fundamentais seriam a realização das experiências e a elaboração das conclusões pelos alunos; as actividades de natureza investigativa envolveriam ainda a observação do fenómeno e a formulação de hipóteses, que seriam depois verificadas através da experimentação. Deste modo, este tipo de actividades, tal como as outras, caracterizam-se fundamentalmente por terem um pequeno grau de abertura e apresentarem, como principais elementos estruturantes, a observação e a experimentação enquanto fontes de dados a partir dos quais é possível inferir conclusões.

Em segundo lugar, ao interpretar globalmente o trabalho experimental como uma actividade estruturada a partir de uma ficha com orientações relativas a todas as etapas do processo, Leonor assume a iniciativa do planeamento da actividade, a definição do princípio de análise dos dados e a sua exploração, condicionando, deste modo, os alunos a assumirem essencialmente um papel de executores dessas orientações.

Consistentemente com esta ideia, Leonor parece reconhecer ao trabalho experimental sobretudo uma função de ensino, quando refere explicitamente que o seu papel é possibilitar que os alunos visualizem melhor aquilo que o professor verbaliza, ou, para que fiquem «mais sensibilizados (...), mais convencidos» (Q4,256). A ilustração e verificação dos conteúdos científicos surgem, assim, como os propósitos fundamentais do trabalho experimental. Neste contexto, não é de estranhar que Leonor destaque como principais valores educativos do trabalho experimental o facto de contribuir para a compreensão e memorização dos conteúdos científicos.

2.3.3 - Prática em Sala de Aula

A observação incidiu sobre duas sequências de aulas relativas à realização de duas actividades experimentais, tendo a primeira ocorrido no âmbito do estudo da mecânica e a segunda no âmbito do estudo da óptica. Foram observadas quatro aulas, três na primeira sequência e uma na segunda sequência, numa turma do 9ºano. A escolha das sequências e da turma a observar foi feita pela professora.

Esta turma, composta por vinte e um alunos, da área de Quimicotecnia, era considerada pela professora como «uma turma boa», pois tinha um aproveitamento global elevado na disciplina de Física-Química.

Das três aulas observadas na primeira sequência, a primeira e a última decorreram no laboratório de Física e a segunda numa sala de aula normal; a única aula observada da 2ª sequência decorreu no laboratório de Física.

Tal como a professora referiu, há imensa dificuldade em fazer aulas experimentais no laboratório de Física ou de Química, dada a sobrecarga de utilização destes espaços. O laboratório de Física de pequenas dimensões, com seis bancadas em pedra, apresenta uma estrutura tradicional, comum a todos os laboratórios das antigas escolas técnicas. O equipamento e o material laboratorial em condições de utilização são considerados insuficientes pela professora. Existe uma funcionária que dá apoio aos laboratórios.

Estrutura global das actividades experimentais:

As actividades experimentais observadas incidiram sobre temas diferentes. A primeira envolveu o estudo experimental da condição de equilíbrio nas máquinas simples, roldanas e alavancas, depois de ter sido feita, na aula anterior, uma breve introdução a este estudo, nomeadamente o que são máquinas simples, tipos e características essenciais. A segunda actividade, sobre o estudo experimental das leis da reflexão e características das imagens

nos espelhos esféricos, no âmbito da óptica, ocorreu depois de já terem sido trabalhadas estas noções.

Estas actividades apresentaram estruturas diferenciadas.

A primeira sequência, em que a actividade teve como suporte uma ficha experimental distribuída na aula anterior, iniciou-se com a execução da ficha que decorreu em duas aulas (duas horas) e terminou com a interpretação dos resultados experimentais e elaboração de conclusões durante uma aula (uma hora).

Organizados em quatro grupos, os alunos começaram por montar o material posto à sua disposição, após o que fizeram a sua manipulação, registaram as observações e interpretaram os dados obtidos, em resposta às instruções e questões constantes da ficha. No decurso desta actividade, a professora tirou dúvidas colocadas pelos alunos relativamente às várias etapas do procedimento experimental. A interpretação dos resultados experimentais e a elaboração das conclusões foi feita pela professora, com algum contributo dos alunos.

Na segunda sequência, a actividade experimental foi realizada pela professora, utilizando um banco de óptica, e envolveu a manipulação do material, a descrição das observações feitas e a elaboração de conclusões.

Os alunos observaram o que se passava e responderam a questões que a professora colocou a propósito da identificação das características das imagens nos espelhos. Após a execução da actividade, estes elaboraram as conclusões a partir das observações realizadas.

Natureza do processo:

Embora se possa considerar que o seu processo de desenvolvimento possui algumas características comuns, decorre do que foi dito que as duas actividades experimentais apresentaram uma estrutura globalmente diferente.

A primeira actividade, ao ter como suporte uma ficha experimental que, para além da listagem do material e esquema de montagem a usar no estudo das roldanas e das alavancas, continha orientações relativas aos vários passos do procedimento experimental, bem como questões sobre a interpretação dos resultados, traduziu-se essencialmente na execução das instruções fornecidas. Como exemplo, apresentam-se algumas instruções e questões constantes da ficha:

-«[Para o estudo das roldanas:] 2. Monta uma roldana fixa conforme a figura 1. Numa das extremidades do fio coloca o balde e na outra o dinamómetro. Levanta o balde e regista a intensidade da força que tens que exercer para manter o balde em equilíbrio.

$$F_1 =$$

(...)

6. Repete o procedimento 2 para esta nova montagem (associação de uma roldana móvel com uma roldana fixa) e regista o valor da força que exercestes.

$$F_2 =$$

7. Compara as intensidades das forças F_1 e F_2 »

- «[Para o estudo das alavancas:] 4. Mede a distância que vai desde o ponto de suspensão dos corpos até ao ponto de apoio (braço da força resistente).

$$b_r =$$

5. Suspende o dinamómetro do outro da barra metálica no furo mais afastado do ponto de apoio.

6. Regista a força que tiveste que exercer para manter o sistema em equilíbrio, ou seja, a barra na posição horizontal (Força Potente)

$$F_{p1} =$$

(...)

10. Tenta encontrar uma relação entre as intensidades das várias forças potentes e os respectivos braços»

Assim, como elementos característicos deste processo destacam-se a experimentação/manipulação dos materiais, registo das observações e a elaboração de conclusões a partir dessas observações.

Em todo o processo, Leonor desempenhou um papel de grande controlo sobre todas as fases de desenvolvimento da actividade, em especial na sua preparação e conclusão.

Quanto à preparação, Leonor assumiu a iniciativa do planeamento da actividade, definindo à partida toda a sua estrutura, ao fornecer uma ficha com as características atrás referidas e o material estritamente necessário, condicionando, deste modo, a acção dos alunos a uma mera execução de instruções.

No decurso da execução da ficha, Leonor desempenhou também um papel preponderante. Face às dúvidas colocadas pelo alunos relativamente às várias etapas do procedimento experimental, ajudou-os a fazer a montagem e explicou os vários passos, dando indicações sobre como e quais as medições a fazer. A este propósito apresentam-se, como exemplo, alguns extractos do registo feito:

-«Alguns alunos dos vários grupos (os outros conversam e brincam com o material) tentam fazer a montagem da roldana fixa de acordo com o esquema fornecido, notando-se alguma atrapalhação na montagem do resto do sistema: os pesos, o dinamómetro, etc.

Alguns grupos pedem ajuda à professora.

Num grupo:

Uma aluna pergunta: *Professora, equilibrar é assim ou assim?*

A professora diz à aluna como se faz (não explorou a dúvida da aluna, nem o significado físico de equilíbrio)» (Registo de aula (1.02.94))

-«Num grupo (grupo I):

Os alunos suspendem o dinamómetro num extremo da barra e no outro extremo um peso.

A professora vai junto do grupo e diz: *A força resistente é o peso do corpo suspenso; a força potente é a força que temos de fazer para equilibrar* - e diz quais são os braços correspondentes (explicou as instruções da ficha do ponto 1 ao ponto 7).

Os alunos mantêm os pesos na mesma posição; puxam a mola do dinamómetro e não fazem mais nada. (...)

Os alunos continuam sem saber o que fazer.

Professora vai outra vez junto do grupo e explica de novo o que são as diversas forças e os respectivos braços e como medi-los.

(...) os alunos vão mudando a posição do dinamómetro -o peso está sempre na mesma posição- e puxam a mola do dinamómetro até a barra se equilibrar; medem o comprimento dos braços.

A professora vai novamente junto do grupo I e, diz: *Podem também mudar a posição da força resistente*. Uma aluna desse grupo pergunta: *E depois como é que medimos o braço?* -professora diz como se faz»(Registo de aula (3.02.94))

A interpretação dos resultados experimentais e elaboração das conclusões foram feitas pela professora. Partindo dos resultados obtidos pelos vários grupos, procedeu à identificação das relações entre esses resultados e estabeleceu as expressões matemáticas relativas à condição de equilíbrio e vantagem mecânica de cada uma das máquinas simples estudadas. Deste modo, Leonor assumiu completamente o princípio da análise dos resultados e a sua exploração. Esta ideia é reforçada pelo facto de Leonor, na análise que fez do trabalho desenvolvido, não ter tido em conta a interpretação que os alunos já tinham feito em resposta a questões incluídas na ficha. Outro aspecto que reforça esta ideia tem a ver com o facto da professora não ter explorado as respostas dadas pelos alunos às questões que colocou, quer fossem incorrectas ou correctas, aceitando apenas estas últimas, como se evidencia nos extractos do registo feito a este propósito, e que a seguir se apresentam:

«[No caso das roldanas:] Prof. pergunta: *Então, e agora na associação de uma roldana fixa com uma roldana móvel?*

Uma aluna responde: *A força fica menor.*

Prof. responde e conclui: *Vai sensivelmente para metade, então, significa que intensidade da $F_p = Fr/2$; esta é a condição de equilíbrio de uma associação de uma roldana fixa com uma móvel - escreve no quadro e diz: Se tivéssemos em vez de uma roldana móvel, tivéssemos duas ou três, este 2 vem elevado a x, que é o nº de roldanas móveis. Neste caso se tivéssemos 3 roldanas móveis qual seria a intensidade da força potente?*

Professora responde: *Portanto a intensidade de F_p vai sendo cada vez menor à medida que o nº de roldanas móveis vai aumentando. (...) Para qualquer associação de roldanas a condição de equilíbrio é $F_p = Fr/2^x$, x-nº de roldanas móveis - escreve no quadro.*

(...)

[No caso das alavancas:] Um dos grupos diz que mantiveram os braços iguais e aumentaram a Fr - dizem quais são os valores.

A prof. regista no quadro e diz: *Olhem que os vossos colegas chegaram aqui a um resultado ... -um aluno interrompe: Qual? Qual?*

Prof.: *Mantiveram constantes os braços e aumentaram a intensidade da Fr, o que aconteceu à intensidade da F_p ?*

Um aluno: *Diminuiu.*

Prof. diz: *Ah!?* e, não explora a resposta incorrecta do aluno.

Outros alunos: *Aumentou.*

Prof. aceita esta resposta e diz: *Aumentou; então já temos várias conclusões, nós mantemos constantes a Fr e br, quando mudamos o braço da F_p para menor, o que acontece à intensidade da F_p ?*

Alguns alunos em coro: *Aumenta.*

Prof. conclui e pergunta: *Aumenta e vice-versa; e quando nós mantemos constantes os braços, quando nós aumentamos uma delas o que acontece à outra?*

Um aluno: *Aumenta.*

Prof.: *Aumenta também, porque a condição de equilíbrio de uma alavanca é $Fr \times br = F_p \times bp$ - escreve no quadro.» (Registo de aula (8.02.94))*

A segunda actividade, com uma estrutura substancialmente diferente da primeira, foi realizada na sua globalidade por Leonor.

De facto, nesta actividade, centrada na ilustração de fenómenos ópticos, Leonor assumiu quer a iniciativa do planeamento da actividade, definindo o seu domínio, objectivos pretendidos e procedimentos a adoptar, quer a execução do procedimento experimental e, ainda, a descrição das observações e formulação das conclusões.

A participação dos alunos limitou-se à descrição de algumas observações e à escrita das conclusões da experiência, depois desta ter sido realizada. Como exemplo, apresentam-se alguns extractos do registo feito no decurso desta actividade:

«Prof.: *O que é que disse que vamos estudar?*

Alguns alunos: *As leis* - prof. completa: *As leis da reflexão.*

Prof.: *O que é que dizem as leis da reflexão?*

Uma aluna responde: *O ângulo de incidência é igual ao ângulo de reflexão* - Prof. completa : *E que o raio incidente, o raio reflectido e a perpendicular estão todos no mesmo plano.*

Prof. diz: *O que é que eu quero obter com esta experiência? Mas não consigo obter nada. estão a compreender?* - os alunos riem-se.

Prof. continua: *Quero obter um feixe que depois vai incidir aqui neste espelho que é plano e o que é que vai acontecer?* - e continua: *Como eu tenho aqui um transferidor vejo qual é o ângulo que faz o raio incidente com a normal e qual é o ângulo que o raio reflectido faz com a normal.*

(...) Prof.: *Estão a ver? Vocês vêm um ângulo. e isto é o quê? A perpendicular é ou não é?* - e continua: *E isto é o quê? Isto é o raio incidente e aquele é o raio reflectido* - repete novamente.

(...)

Prof.: *Agora vamos ver uma coisa! Vamos ver quais são as imagens, como é que são as imagens dadas por um espelho concâvo e um espelho convexo. Nós já vimos as imagens do livro, não foi? Como é que são?*

(...)

Prof.: *Isso é no concâvo, e no convexo?*

A mesma aluna: *Vê-se normal, só que um bocado desfocada.*

Prof. : *Vamos ver se consigo!* - acende uma vela que coloca em frente do espelho convexo e por detrás da vela coloca um écran- pede para os alunos olharem para o espelho.

Prof.: *Este é um espelho convexo. Como é que são as imagens num espelho convexo? As imagens que os espelhos nos dão chamam-se imagens quê?*

(...)

Prof.: *Virtuais são as que se formam atrás do espelho e as reais formam-se à frente. E como é que é a imagem?*

Alguns alunos: *Real.*

Prof.: *Real quê? Olhem ali para a sombra, naquele placard (alvo), como é que está?*

Um aluno: *Está mais alta.*

Prof.: *Está a chama para cima; portanto é uma imagem direita, não é invertida. E assim?* - prof. comenta que os alunos não vêm nada.

Prof. pergunta: *E se eu afastar o que é que acontece ali na imagem?* - e responde: *Diminui.*

(...)

Prof. conclui: *A imagem é sempre uma imagem virtual e direita.*(...) Prof. diz aos alunos para escreverem no papel aquilo que viram: *Organizem-se em grupos e escrevam as conclusões sobre o que viram.* (Registo de aula (1.03.94))

Decorre da análise feita que a acção dos alunos foi limitada e condicionada pela própria estrutura das actividades e pelo papel que a professora assumiu no decurso do seu desenvolvimento.

Na primeira actividade, a sua acção centrou-se na execução em grupo da ficha experimental, o que envolveu a montagem e manipulação do material, o registo das observações e a resposta a questões sobre a interpretação dos resultados.

No caso da segunda actividade, os alunos limitaram-se a observar o que a professora ia mostrando e a responder a algumas questões sobre as características das imagens nos espelhos esféricos, já analisadas em aulas anteriores.

No entanto, no caso da primeira actividade, constatou-se que, apesar das orientações e instruções da ficha, os alunos denotaram dificuldades na sua execução, em relação a todas as etapas do procedimento experimental, solicitando frequentemente a ajuda da professora para a sua resolução, como se evidenciou nos extractos anteriormente apresentados. Por outro lado, foi notório o desinteresse manifestado por uma parte significativa dos alunos durante a execução da ficha, como noutros momentos, tendo a professora intervindo, frequentes vezes, para chamar a sua atenção e os mandar calar, como se ilustra nos seguintes extractos de registos feitos no decurso da primeira sequência:

«Enquanto a professora está a falar, a maioria dos alunos conversa e brinca com o material.

A professora pergunta, num tom de voz exaltado: *Estou a falar para quem?*

Uma aluna diz: *Calem-se!*

(...)

Há dois grupos de alunos que têm estado constantemente a brincar com o material e a conversar, desde o início da aula.

Depois ter decorrido bastante tempo de aula, a professora dirige-se a um destes grupos e diz: *Para a próxima aula tragam a caderneta. Para quê?* -pergunta um aluno desse grupo.

Professora não responde e deixa os alunos.

Os alunos durante um certo tempo não fazem barulho, mas depois recomeçam.

A professora dirige-se novamente a estes dois grupos e diz: *No fim da aula quero as fichas.* (Registo de aula (3.02.94)).

De igual modo, no âmbito da segunda actividade, alguns alunos demonstraram explicitamente o seu desinteresse por aquilo que se estava a fazer, permanecendo praticamente toda a aula a conversar uns com os outros e mantendo-se afastados da bancada onde a professora estava a realizar a experiência.

Face a esta constatação levanta-se a questão de saber se estas dificuldades e desinteresse demonstrados pelos alunos não se deverão: 1) ao facto de não ter ocorrido uma contextualização prévia das experiências a realizar; 2) ao facto dos alunos não possuírem um quadro conceptual de referência que lhes permitisse atribuir sentido e pertinência ao trabalho que lhes foi proposto, apesar de no caso da segunda actividade já terem sido analisados, em aulas anteriores, os fenómenos ópticos em estudo. Esta hipótese parece ser corroborada pelo tipo de questões e dúvidas colocadas pelos alunos, bem como pelas respostas dadas no decurso das actividades, já ilustradas em extractos anteriormente apresentados, e a que se acrescentam os seguintes, relativos à primeira e segunda sequência:

- «[Prof.:] *E agora relativamente a este número, o que é que variou? Diminuíram o bp o que aconteceu à intensidade da Fp?*

Um aluno responde: *Diminuiu.*

Prof. ignora a resposta errada do aluno e conclui: *Então podemos dizer que quando diminui o bp aumenta a Fp, mantendo constantes a Fr e br.*

Um aluno pergunta: *Como é que se diminui o bp e se mantém constante o br?*

(...)

Prof. pergunta: *Quem é que ficou com dúvidas acerca da aula experimental e da interpretação dos resultados?*

Uma aluna responde: *Eu percebi mais ou menos.*

Prof. repete qual é a condição de equilíbrio das alavancas.

Uma aluna (a mesma) pergunta: *A força resistente é o quê?»* (Registo de aula (8.02.94))

- «Prof. diz aos alunos para escreverem no papel aquilo que viram: *Organizem-se em grupos e escrevam as conclusões sobre o que viram.* (...)

Num grupo uma aluna diz à prof. que não percebeu os ângulos- a prof. explica, a partir de um esquema, o que é o raio incidente, o raio reflectido e a perpendicular, o ângulo incidente e o ângulo reflectido.

No mesmo grupo, um outro aluno pergunta à prof.: *No espelho concávo o raio reflectido é maior e no convexo é menor?* - prof. diz que são iguais, que as leis da reflexão se aplicam a todos os espelhos» (Registo de aula (1.03.94)).

Face ao exposto, parece-nos plausível afirmar que, em ambos casos, se configurou um processo altamente estruturado devido quer ao papel assumido por Leonor no decurso da realização das actividades, quer às próprias características dos materiais de suporte.

Papel das actividades experimentais:

A natureza das actividades experimentais observadas e o contexto em que decorreram sugerem que tinham, fundamentalmente, como objectivos a "descoberta" de noções associadas ao funcionamento das máquinas simples, no primeiro caso, e a ilustração/demonstração de conteúdos já abordados, no segundo caso.

Com referência à primeira actividade, há a salientar dois aspectos. Um deles tem a ver com o facto da actividade se ter desenvolvido sem que previamente tivessem sido problematizadas as situações em estudo ou trabalhadas algumas noções importantes para a sua compreensão, como é o caso da noção de equilíbrio e a clarificação da terminologia usada (braço potente, força potente, etc); aspecto que poderá eventualmente estar na base das dificuldades manifestadas pelos alunos, como atrás se referiu. O outro aspecto a salientar tem a ver com o modo como a actividade foi estruturada, que indicia ter subjacente o pressuposto de que a partir dos dados emergentes da experimentação (manipulação dos materiais) é possível pôr em evidência relações entre as variáveis em jogo conducentes à "descoberta" das condições de equilíbrio das máquinas simples estudadas,

De modo semelhante, a segunda actividade estruturou-se e desenvolveu-se de modo a fornecer dados com vista à inferência de relações, que ilustrassem as leis da reflexão e as características das imagens nos espelhos esféricos abordadas anteriormente.

Portanto, tudo indica que para Leonor as actividades experimentais desempenham, sobretudo, o papel de fonte de dados para a elaboração ou corroboração dos saberes científicos e, como tal, parece reconhecer-lhes fundamentalmente uma função de ensino.

Em resumo, desta descrição e análise dos dados relevam alguns aspectos que, de algum modo, permitem caracterizar a prática desta professora em sala de aula, relativa à realização de trabalho experimental.

Em primeiro lugar, há a salientar que, apesar das diferenças constatadas sobre o papel dos alunos na fase de execução, estas actividades experimentais se caracterizaram por ter uma estrutura bem definida, evidenciando etapas com uma ordem de realização pré-estabelecida: iniciaram-se com a manipulação dos materiais e o registo escrito ou verbal das observações e terminaram com a interpretação e elaboração de conclusões com base nessas observações. Deste modo, o processo desenvolvido, em ambos os casos, evidencia uma natureza estática e uma estrutura sequencial de etapas bem definidas e hierarquicamente organizadas, onde a experimentação e observação assumem um papel de realce como fonte de dados para a inferência de relações, passíveis de serem generalizadas.

Em segundo lugar, a acção dos alunos no decurso da realização das actividades surgiu fortemente condicionada quer pelos materiais de suporte, quer pelo papel de quase completo controlo que a professora assumiu. Leonor chamou a si o papel principal nas duas actividades, quer a nível da sua preparação, tomando a iniciativa do planeamento e definição dos procedimentos experimentais a adoptar, quer a nível da sua execução, especialmente no caso da segunda actividade, e, ainda, a nível da sua conclusão, fazendo a interpretação dos dados obtidos.

A participação dos alunos ficou assim dependente das solicitações e indicações da professora, através de questões e instruções muito precisas, não se tendo observado a criação de situações em que os alunos problematisassem e reflectissem sobre as situações em estudo e as observações feitas, ou tomassem decisões sobre os processos a adoptar.

Por último, a natureza das actividades desenvolvidas sugere que Leonor lhes atribui sobretudo o papel de obtenção de dados com vista à elaboração ou ilustração/verificação de saberes científicos. Neste contexto, as actividades experimentais parecem ter para Leonor, fundamentalmente, uma função de ensino e menos uma função formativa.

2.4 - Professora Maria

2.4.1 - Representações de ciência

Natureza do conhecimento científico:

Para Maria a ciência é um sistema organizado de conhecimentos que se foram acumulando ao longo dos tempos: «ciência... é todos esses conhecimentos... que têm vindo a ser adquiridos, que se vão acumulando, que vão sendo organizados, que vão sendo clarificados, mas, que ...dão azo ...[a] adquirir novos conhecimentos» (Q1,20). A sua

especificidade reside, contudo, no seu método próprio -o método científico- e no seu carácter dinâmico. De facto, como ela própria afirma «quando eu falo em ciência tenho de ter o método científico» (Q1,20); o método científico é referido por esta professora como um elemento fundamental de distinção entre a ciência e a não-ciência, pois como indica a ciência, ao contrário de campos de saberes não-científicos, não é um simples acumular de conhecimentos, estes são conhecimentos experimentados e verificados através do método científico (Q2,66). No entanto, Maria demonstra algumas dificuldades em utilizar este critério para justificar porque é que considera a filosofia como uma ciência. Assim, refere que a filosofia e física são ciências diferentes; enquanto a filosofia é por si considerada como «mais baseada em determinadas ideias (...), todo esse jogo de palavras que é feito pelos filósofos» (Q2,46), mas em que «há também ..., um organizar de conhecimentos!» (Q2,82), na física «as coisas são mais palpáveis» (Q2,48), baseia-se em factos observados e experimentados.

Um outro aspecto que Maria indica como distintivo da ciência é o facto desta evoluir constantemente: «não é estática! É tudo dinâmico, tão depressa pode ser aquilo, como já vai ser outra coisa! Que as coisas estão sempre a mudar!» (Q1,6). É a descoberta de «novas coisas» através de novas experimentações, de «determinados meios que deram azo a descobrir determinadas coisas» (Q1,8), que faz como que os conhecimentos existentes num dado momento vão dar origem a outros conhecimentos.

Esta importância que Maria parece atribuir aos factos decorrentes da observação e experimentação enquanto fundamentos da ciência, reflecte-se também no modo como olha as explicações científicas. De facto, na perspectiva de Maria, é pela utilização do método científico que se experimentam e testam as ideias que surgem a partir da observação e se elaboram as teorias científicas, ou, como ela própria afirma, «As ideias têm que surgir a partir de observações que são feitas! (...) E, depois, a partir daí há todo um trabalho, um método que se pode utilizar!» (Q2,31). São estas ideias, baseadas em factos observados, que depois de experimentadas «podem dar origem a determinadas ...teorias» (Q2,29).

As explicações científicas parecem assim fundamentar-se em processos de descoberta de relações entre esses dados observados e experimentados, «no fundo, é comparar umas coisas com as outras e tirar determinadas conclusões» (Q2,80).

Consistentemente com esta ideia, e dado que, para si, as teorias científicas são experimentadas e provadas através do método científico (Q5,175,177), Maria reconhece que o conhecimento científico é objectivo e certo «em função daquilo que nós temos, em função de toda uma observação que foi feita» (Q3,94). No entanto, embora reconheça estes atributos de objectividade e de certeza do conhecimento científico, porque assente em factos objectivos e certos (verificados e provados através do método científico), é notória a dificuldade que Maria manifesta em conciliar esta ideia com uma outra ideia, dominante no seu discurso sobre a ciência, que tem a ver com o reconhecimento do seu carácter dinâmico.

Assim, e tendo em conta esta característica específica da ciência, esta professora, quando confrontada com a questão da objectividade da ciência, começa por dizer que «eu não concordo que a ciência seja objectiva (...), eu penso mais nela como dinâmica» (Q5,153). A objectividade é aqui associada a uma ideia de ciência estática, que não evolui: «objectividade ... significa uma paragem» (Q5,163). Posteriormente, quando se procurou compreender melhor esta sua perspectiva, Maria refere que o conhecimento «não é subjectivo» (Q5,165) mas sim objectivo porque, como afirma, «realmente teve uma determinada experimentação, e realmente chegou-se aí! (...) [A] determinadas teorias» (Q5,175). Salienta, contudo, «que pode ser objectivo numa altura, mas, depois poderá deixar de ser» (Q5,185). De igual modo, Maria refere que a certeza (ou verdade) do conhecimento científico é momentânea: «determinadas teorias que hoje ...podem ser consideradas como certas, mas amanhã já não serão» (Q3,88), em função «de determinadas coisas [novos factos] que nos aparecem pelo caminho»(Q3,94).

Portanto, para esta professora o conhecimento científico é objectivo, certo e verdadeiro, mas estas características são por si consideradas momentâneas face ao carácter evolutivo da ciência.

Esta mesma ideia de momentaneidade, de mudança dos atributos do conhecimento, constitui o argumento principal utilizado por Maria para afirmar que o conhecimento científico é relativo e falível: «é falível porque passado um tempo terão que ser actualizados, não era aquilo que se pensava antigamente, (...), as coisas têm vindo a evoluir» (Q3,92). Deste modo, para esta professora nada em ciência tem um carácter absoluto, porque evolui.

Produção do conhecimento científico:

Em consonância com o que atrás se referiu, Maria concebe a actividade científica como uma «actividade que se processa sempre da mesma maneira» (Q8,221), em que se «usa o método experimental, científico» (Q8,225). Utilizar o método científico, para esta professora, é passar por um conjunto de etapas que se inicia com a observação: «com observações que ele [o cientista] foi fazendo ao longo dos tempos, (...), a partir daí ele faz a sua experimentação» (Q8,223).

Na sua perspectiva, basta «passar por todas as etapas do método científico, (...), para chegar ao conhecimento científico» (Q11,311). No entanto, salienta que «em todo este caminho as coisas não são lineares» (Q8,223), pois que embora o cientista passe «por todas essas etapas», por vezes tem que «voltar atrás nessas etapas» (Q8,226), mas isso não significa que «ele não utilize o método» (Q8,226).

Portanto, para Maria o método científico constitui a racionalidade única da ciência, através do qual se geram e validam as teorias científicas. Neste método, perspectivado como uma sequência de etapas bem definidas e hierarquicamente organizadas, a observação e a experimentação surgem como as etapas fundamentais.

A observação constitui, para esta professora, o ponto de partida da actividade científica, como se depreende das referências constantes que faz nesse sentido, ao longo de toda a entrevista. A experimentação é também por si considerada como um elemento essencial da actividade científica, sem a qual não haveria produção de conhecimento científico; ficar-se-ia pela observação: «a partir de uma observação tem que vir sempre uma experimentação, tenho que sempre experimentar!» (Q11,303). Segundo Maria, é através da experimentação que se faz a testagem das variáveis em jogo numa determinada situação e se analisa a sua influência, por variação das condições experimentais: «numa determinada actividade, se calhar, terei que alterar determinados factores [variáveis], ..., e faço isso na experimentação, (...), para depois, então, poder ..., formular determinada teoria» (Q11,293).

De igual modo, na evolução da ciência a observação e experimentação desempenham, para esta professora, um papel relevante. Em sua opinião, permitem «descobrir novas coisas» (Q1,89) ou «chegar a um resultado completamente diferente» (Q7,211) que podem pôr em causa conhecimentos anteriores e, como afirma «imediatamente esse conhecimento ..., poder-se-á acrescentar a outro e, (...), todos esses conhecimentos juntos (...) [é a] ciência» (Q5,181). Como outros factores condicionantes da evolução da ciência, Maria refere os conhecimentos acumulados até um determinado momento e «novas necessidades que vão aparecendo, seja a nível de instituições, seja a qualquer outro nível» (Q6,193).

Considera contudo que o progresso da ciência não é linear, nem unívoco pois, como salienta, neste processo há «que voltar muitas vezes para trás, para chegar lá à frente e voltar para trás outra vez!» (Q7, 205). Todavia, ao afirmar que a ciência «progrediu porque, realmente, houve um acumular de factos, (...), de conhecimentos» (Q7, 205) e que «a ciência procura é descobrir sempre mais e mais» (Q4, 126), Maria parece atribuir ao progresso da ciência, sobretudo, um carácter cumulativo e continuista.

Deste modo, parece pode dizer-se que, para esta professora, os factores principais de progresso da ciência são novos factos decorrentes da observação ou da experimentação por via da alteração das condições experimentais.

Neste processo de produção e desenvolvimento do conhecimento científico, para além de processos de descoberta, intervêm, segunda Maria, processos de criação e de invenção. No entanto, a criação e invenção em ciência têm para esta professora um significado muito particular. Como indica, há criação e invenção do cientista porque «é...[o] cientista que está , ...a descobrir as coisas!» (Q2,44) e a «inventar por aquilo que ele observou» (Q2,44), sendo as «ideias que lhe surgem, (...) que mais tarde podem ser experimentadas e podem dar origem ..., a determinadas teorias (Q2,29).

Deste modo, Maria parece interpretar a criação e a invenção em ciência como sinónimos da participação do cientista na formulação de hipóteses, de questões, a partir dos dados de observação e na descoberta de relações entre os dados observados e

experimentados. Aliás, esta hipótese parece ser corroborada quando afirma que «um outro homem qualquer (...) se calhar não conseguia estabelecer qualquer relação!» (Q2,44).

Outro aspecto a realçar tem a ver com o modo como esta professora concebe a realidade e o papel do sujeito na percepção dessa realidade. Quando confrontada com uma questão relativa a estes aspectos, Maria denotou alguma dificuldade em falar sobre eles, talvez por nunca ter reflectido sobre esta problemática, assumindo um duplo posicionamento onde se evidenciam algumas inconsistências. Assim, se se tiver em conta a análise já feita, Maria parece interpretar preferencialmente a realidade como algo que existe independentemente do homem, tendo este apenas que fazer emergir os factos para inferir relações; ideia que parece estar presente quando afirma que, para se chegar às explicações científicas, basta «comparar umas coisas com as outras e tirar determinadas conclusões» (Q2,80). Por outro lado, quando confrontada directamente com esta problemática, Maria parece assumir que não existe uma realidade exterior e independente do homem, afirmando que «somos directamente influenciados ..., por aquilo que nos rodeia» (Q4,120). Quando se procurou compreender o significado desta afirmação, a ideia que surge é que as influências na percepção da realidade se devem, sobretudo, à existência de factores (variáveis) experimentais que, como refere, «à partida poderiam parecer que não tinha nada a ver» (Q4,141), mas que se fossem tidas em conta «iria chegar a uma outra conclusão!» (Q4,141). Posteriormente, e em vários momentos em que houve oportunidade de retomar esta questão da percepção da realidade, esta professora tomou posições algo contraditórias. Assim, por um lado, considera que a percepção da realidade é diferente de sujeito para sujeito «porque todos nós somos diferentes, (...), [e] se observo de maneira diferente da outra pessoa, ..., eu vou chegar a uma conclusão diferente» (Q4,143), referindo que esta diferença se deve a «pontos de vista diferentes sobre as coisas» (Q4,149) e «se calhar, os conhecimentos que eles têm já são diferentes» (Q4,151). Por outro lado e, posteriormente, a propósito de outra questão, refere que se o fim em vista (portanto, o objectivo da actividade científica) for o mesmo para diferentes cientistas, as percepções que poderão ter de uma mesma realidade, «poderão ser iguais, mesmo sendo pessoas diferentes» (Q10,277).

Assim, parece evidenciar-se que, por um lado, Maria privilegia sobretudo uma concepção da realidade como algo que existe independente do sujeito cognoscente e, por outro, parece não valorizar nem os valores, preconceitos e interesses do sujeito no processo de conhecimento, nem a influência do contexto sócio-cultural mas, sobretudo, os seus conhecimentos.

Pelo que foi dito, esta professora, para além das dificuldades que manifestou ao longo da entrevista em falar sobre alguns aspectos relativos à natureza da ciência, evidenciou não possuir um sistema consistente de ideias sobre o conhecimento científico e o seu processo de produção. No entanto, é possível identificar algumas vertentes que julgamos caracterizadoras das suas representações sobre a ciência.

No decurso da realização da entrevista e da análise anteriormente feita, pôde constatar que todo o seu discurso (sobre a ciência e o seu processo de produção e de desenvolvimento) se estrutura em torno de dois eixos fundamentais: 1) os fundamentos da ciência são os factos observados e experimentados e o método científico constitui a racionalidade principal da ciência em que se baseia a elaboração, validação e evolução do conhecimento científico; 2) a ciência é um processo dinâmico de conhecimento e, como tal, ocorre uma mudança constante do conhecimento.

Assim, Maria parece privilegiar a ideia de que as explicações científicas, porque baseadas em dados observados e experimentados através do método científico, são um reflexo do real e, como tal, as suas teorias ou proposições correspondem à enunciação de factos. Deste modo, o conhecimento científico é, pelas mesmas razões, por si considerado como um conhecimento objectivo e certo. No entanto, dada a relevância que atribui à mudança constante do conhecimento científico, afirma que estes atributos são momentâneos, relativos, face ao tempo. É também este carácter de mutabilidade do conhecimento que leva Maria a indicar que o conhecimento científico é falível.

Em consonância com estas ideias sobre a ciência, em geral, e sobre o conhecimento científico, em particular, a actividade científica é considerada por Maria como uma actividade em que se utiliza o método científico, que é por si concebido como uma sequência de etapas bem definidas e hierarquicamente organizadas, que se inicia com a observação da realidade. Na sua perspectiva, é a utilização de todas as etapas do método científico que constituem o garante da cientificidade do conhecimento que se produz por seu intermédio.

Deste modo, esta professora parece privilegiar a ideia de que na base da produção da ciência está a observação e experimentação controlada da Natureza, pela utilização de um método peculiar -o método científico- que permite descobrir as leis já inscritas na própria Natureza.

Na evolução da ciência, parecem ser também os factos decorrentes de novas observações e experimentações (possivelmente devido à evolução da própria tecnologia, portanto, novos factos) que, segundo Maria, conduzem à mudança constante do conhecimento científico. Neste contexto, o progresso da ciência, que se processa essencialmente através de reformulações (acréscimos) dos conhecimentos anteriores, parece ser perspectivado, sobretudo, como uma acumulação de novos factos e de novos conhecimentos, o que se traduz uma perspectiva cumulativa e continuista.

Por último, há a referir que, apesar das contradições detectadas a este propósito, Maria parece interpretar preferencialmente a realidade, enquanto objecto de estudo da ciência, como algo que é dado, portanto, como um conjunto de fenómenos acessível ao ser humano e que podem ser dominados na sua essência, e não como algo que pertence ao domínio do construído. Esta ideia de ciência como a descrição de factos abstraídos da realidade parece ser corroborada pelo facto da professora nunca ter referido ao longo da

entrevista que a ciência envolve ideias, conceitos e teorias, usadas na tentativa de interpretar essa realidade.

2.4.2 - Representações pedagógicas de trabalho experimental

Globalmente, Maria concebe o trabalho experimental como uma actividade que envolve experimentação, em que preferencialmente devem ser os alunos a manipular o material e a elaborar as conclusões do trabalho. A sua especificidade reside, segundo esta professora, no facto de ser uma actividade que possibilita aos alunos «mexer para aprender» (Q12,327).

Todavia, também considera serem trabalho experimental as actividades demonstrativas realizadas pelo professor, só que, como refere, «são estratégias diferentes» (Q12,329), é uma «concepção completamente diferente, porque sou eu que estou a mexer» (Q12,333). Como salienta «uma coisa é a experiência que é feita por mim, (...), no fundo, estou a dizer é assim! ... Já lhes estou a mostrar aquilo que realmente é, (...). [Portanto], eu dou um conceito e depois mostro, mostro como é que é!» (Q12,335), que é diferente de serem os alunos a realizar um trabalho «porque eles ao estarem a realizar um trabalho estão a analisar! (...), são eles que estão a lá chegar, com mais ou menos ajuda minha, (...), eles vão concluir, e, então sim, vamos chegar a um conceito!» (Q12,335). Assim, embora indique que as demonstrações podem ser consideradas trabalho experimental, Maria considera que constituem uma estratégia radicalmente diferente, uma estratégia em que o professor está a «limitar tudo!» (Q12,343).

O trabalho experimental pressupõe, pelo contrário, «um determinado grau de liberdade, em que não há tantos condicionalismos!» (Q12,349). Para esta professora, este grau de liberdade existe mesmo quando é fornecido um guião para a realização do trabalho, o que, em sua opinião, constitui uma prática habitual. Embora refira que o ideal seria «não dar um guião, dar-lhes maior liberdade, (...), dar um guião o mais livre possível!» (Q12,345), reconhece que isso normalmente não acontece, pois que «dentro do guião damos sempre determinados aspectos que os vai conduzindo» (Q12,345).

Assim, o trabalho experimental é uma actividade que tem como suporte um guião, mas que pressupõe existir um certo grau liberdade relativamente ao envolvimento dos alunos e à estrutura da actividade. Nas palavras da professora «[há] uma experiência que eles [os alunos] vão realizar, por certa experiência há factores que vão estudar, estando inerente a eles ..., determinados conceitos, ...que muitas vezes não foram dados, (...), chegam a determinadas conclusões. (...) depois no fim, através destas conclusões imediatamente podem eles formular um conceito!» (Q12,325). Outras vezes, como afirma, «também lhes posso dar o conceito e eles depois testarem, ..., quais são os factores inerentes ao conceito, ou, não estão» (Q12,325).

Por outro lado, o trabalho experimental como actividade de carácter investigativo deve, na sua perspectiva, reflectir as características do trabalho científico (Q13,351). Isto significa, para Maria, que no trabalho experimental se deve fazer uso do método científico,

como se depreende das suas palavras: «quando faço as tais aulas experimentais que eu digo,..., mexer para aprender, ...utilizo precisamente aqui o método científico! Em todo este trabalho experimental eles vão passar por todas estas etapas» (Q13,351).

Evidencia-se assim que, em consonância com as suas ideias sobre o trabalho científico, esta professora considera que o trabalho experimental deve ser uma actividade em que se utilizam todas as etapas do método científico, ou seja, observação do fenómeno, formulação de hipóteses, experimentação e elaboração das conclusões: «dá-se uma determinada hipótese, [os alunos] faziam a experimentação, tiravam as suas conclusões!» (Q14,369).

Neste processo, a observação e experimentação desempenham um papel fundamental. A observação é considerada o ponto de partida do trabalho experimental, a partir da qual se formulam as hipóteses: «a partir de uma dada observação, ..., imediatamente [os alunos] iriam formular uma hipótese» (Q14,373). Por sua vez, indica que é através da experimentação que se faz «uma verificação, ..., da hipótese que eu formulei!» (Q14,391), portanto, «para ver se a hipótese é aceitável ou se não é aceitável» (Q14,377), mas também pode «servir para ... formular novas hipóteses, e depois chegar ..., a novas conclusões» (Q14, 93), quando não se verifica a hipótese de que se partiu.

A elaboração das conclusões equivale, segundo Maria, a fazer «uma análise e uma síntese (...) [de] tudo aquilo que está a ser feito» (Q14,397) a partir «de comparações» entre os valores experimentais obtidos.

O trabalho experimental parece assim ser interpretado preferencialmente, por Maria, como uma actividade estruturada de acordo com as etapas do método científico e orientada através um guião, mas que deve apresentar alguma abertura e flexibilidade de modo a permitir um certo envolvimento dos alunos na sua realização, nomeadamente na elaboração das conclusões. As actividades de carácter investigativo não parecem ter, para esta professora, diferenças fundamentais em relação a outras actividades experimentais. A diferença talvez resida no número de etapas estruturantes das actividades, já que nas de carácter investigativo refere, para além da realização da experiência e elaboração das conclusões, a formulação de hipóteses a partir da observação de um fenómeno.

A importância do trabalho experimental, em geral, e das actividades de carácter investigativo, em particular, no processo de ensino e aprendizagem das ciências físicas é realçada frequentes vezes por Maria, referindo designadamente que «só assim, ..., é que eles [os alunos] têm esse grau de liberdade, ..., é que eles vão chegar a determinadas conclusões, não damos nós as conclusões que eles podem tirar, e, daí podemos chegar a resultados muito positivos, mesmo na sua própria formação» (Q14,355). Indica, contudo, que não é fácil, nas condições actuais, realizar trabalho experimental e, em especial, actividades de carácter investigativo. Salaria que «é muito complicado para implementar, ..., é preciso ter muito tempo, (...), ter mais horas para estar com eles para os ajudar nesta investigação» (Q14,358). Refere, ainda, que é preciso «ter material adequado e o suficiente» (Q14,359), pois como argumenta «para eles investigarem eu não posso dar

material que eu sei à partida que eles vão necessitar, eu preciso de lhes dar mais material, para que sejam eles a procurar o material necessário» (Q4,359).

Como função essencial do trabalho experimental destaca o facto de ser uma actividade em que os alunos mexem para aprender. Com efeito, são diversas as referências que Maria faz a este aspecto quando fala de trabalho experimental, o que sugere ser sua convicção de que «para aprender [os alunos] têm que mexer» (Q12,329). Este mexer para aprender significa, para esta professora, que «é através de todo este trabalho[experimental] que eles vão chegar a determinados conceitos» (Q15,415), o que, em sua opinião, conduz a uma verdadeira aprendizagem e não apenas à sua «memorização» (Q15,415), situação que, como refere, se verifica quando os conceitos «lhes são impostos» (Q15,415) pelo professor.

Deste modo, parece pressupor que, pelo facto de os alunos realizarem experiências, manipularem o material e elaborarem as conclusões a partir dos resultados obtidos, são capazes de “descobrir”(inferir) os conceitos implícitos na situação em estudo, o que, na sua perspectiva, parece ser um meio de promover uma aprendizagem significativa desses mesmos conceitos, que ultrapassa a simples memorização. Um outro aspecto que Maria refere relativamente a esta função de ensino e de aprendizagem do trabalho experimental tem a ver com o facto de serem os alunos «que vão realmente verificar o que é que se passa» (Q12,337), o que parece indicar que, na sua perspectiva, os conceitos estão materializados nos factos emergentes da experimentação e observação. Esta hipótese surge reforçada se se tiver em conta que, para esta professora, as conclusões do trabalho que conduzem à formulação dos conceitos se elaboram, como se referiu atrás, a partir de comparações entre os resultados experimentais obtidos.

Dentre outros valores educativos que Maria reconhece ao trabalho experimental, é de destacar a relevância que atribui ao seu papel formativo. Para esta professora, o trabalho experimental, concebido globalmente como uma actividade que pressupõe existir um certo grau de liberdade na manipulação dos materiais e elaboração das conclusões pelos alunos, contribui para o desenvolvimento de diversas capacidades «a nível de análise, a nível de síntese, a nível até imaginativo e ...a nível do engenho» (Q15,413). Este engenho corresponde para Maria à capacidade de observar e de fazer a experimentação. Por outro lado, pelo facto de serem os alunos a fazer a análise dos resultados experimentais, considera que o trabalho experimental permite desenvolver a capacidade crítica e criativa dos alunos (Q16,421).

Além disso, para esta professora, o trabalho experimental, ao envolver os alunos em trabalho de grupo na realização de um determinada tarefa, pode contribuir para a socialização dos jovens, promovendo o desenvolvimento de capacidades de trabalhar em grupo, bem como atitudes de solidariedade e de responsabilidade e, ainda, a nível afectivo (Q16,421).

Em síntese, da análise feita sobressaem alguns aspectos que permitem caracterizar as suas representações pedagógicas de trabalho experimental.

Um primeiro aspecto a salientar prende-se com a sua concepção de trabalho experimental. Maria, alicerçando o seu discurso acerca de trabalho experimental sobre o pressuposto de que é uma actividade em que os alunos “mexem para aprender”, parece privilegiar uma interpretação de trabalho experimental como uma actividade em que se pretende que estes, através da manipulação dos materiais, se envolvam para desenvolver factos e conceitos, antes de ouvir qualquer informação relativa a esses conteúdos.

Em consonância com esta ideia, Maria considera que o trabalho experimental, tendo ou não como ponto de partida a observação de um fenómeno e a conseqüente formulação de hipóteses, se desenvolve através da realização de experiências para o estudo de determinadas variáveis, elaboração de conclusões com base nos resultados experimentais obtidos e, por fim, a formulação do conceito envolvido. Concebido deste modo, o trabalho experimental reflecte, segundo esta professora, as características do trabalho científico, o que, em sua opinião e de acordo com as suas ideias de trabalho científico, corresponde à utilização de todas as etapas do método científico (observação, formulação de hipóteses, experimentação, interpretação de resultados e conclusões). Neste processo sobressaem, como principais elementos estruturantes, a experimentação, enquanto fonte de dados, e a análise dos resultados obtidos.

Deste modo, não é claro se para Maria existem diferenças entre as actividades de carácter investigativo e outro tipo de actividades, parecendo, no entanto, que elas se devem sobretudo ao número de etapas consideradas: no primeiro caso envolveriam todas as etapas do método científico; no segundo parecem envolver essencialmente a experimentação e elaboração de conclusões.

Por outro lado, ao considerar que estas actividades devem ter como suporte um guião que oriente os alunos na realização das diversas etapas consideradas, também não fica claro qual a participação destes na concepção, planeamento e exploração da actividade. Sugere, pelo contrário, que Maria atribui um papel de grande controlo do processo de desenvolvimento da actividade, ao nível da sua definição e planeamento e ao nível do estabelecimento do princípio de análise dos dados e sua exploração, condicionando, deste modo, a acção dos alunos a mera execução das instruções fornecidas.

Um segundo aspecto a salientar tem a ver com o papel e valores educativos que Maria reconhece ao trabalho experimental.

Atribuindo-lhe fundamentalmente um papel de “descoberta” e, ainda, de verificação e ilustração de conceitos, e ao considerar que devem ser preferencialmente os alunos a atingir estes propósitos, embora com orientações por si fornecidas, não é de estranhar que Maria privilegie a sua função de ensino e de aprendizagem. Deste modo, considera que o trabalho experimental favorece a compreensão dos conceitos, promovendo a sua aprendizagem e não a simples memorização.

Simultaneamente, para esta professora o trabalho experimental parece desempenhar uma função formativa, ao nível do desenvolvimento de capacidades de análise, síntese, crítica, imaginação e de capacidades manipulativas, bem como ao nível da socialização dos alunos, desenvolvendo capacidades de trabalho em grupo e atitudes de solidariedade e responsabilidade. Fica, contudo, a questão de se saber como é que Maria explora estas potencialidades educativas e formativas do trabalho experimental, quando a sua concepção de trabalho experimental indicia que se trata de um processo estruturado, linear e repetitivo, centrado na recolha de dados que ponham em evidência determinados conceitos, e onde não se evidencia a criação de espaços de problematização, de comunicação e de debate de ideias.

2.4.3 - Prática em Sala de Aula

Foram observadas duas sequências de aulas experimentais que incidiram sobre dois temas diferentes da mesma unidade didáctica: a relação entre as intensidades das forças e as deformações por elas produzidas em corpos elásticos e o estudo do conceito de pressão.

As aulas observadas, num total de cinco (três aulas (três horas) na primeira sequência e duas aulas (duas horas) na segunda sequência) ocorreram em duas turmas do 9ºano, escolhidas pela professora. Estas duas turmas tinham uma composição semelhante: ambas, com cerca de vinte e cinco alunos, integravam vários alunos repetentes, apresentando um leque etário bastante grande. Até ao momento, o seu aproveitamento global era considerado fraco pela professora, distinguindo-se, no entanto, alguns alunos com bom aproveitamento na disciplina de Física-Química.

As aulas observadas decorreram numa sala de aula normal, com o colectivo dos alunos distribuídos por cinco grupos. Esta sala fica situada no mesmo piso do laboratório de Física e da arrecadação do material laboratorial, que serve simultaneamente de gabinete de trabalho do grupo disciplinar e de sala de preparação. O laboratório de Física é também uma sala de aula normal, onde foi montada uma bancada junto de uma parede com instalação de água, gás e esgotos, e onde funcionam aulas de Física-Química e de todas as outras disciplinas. O material laboratorial é considerado por Maria manifestamente insuficiente para a realização de actividades experimentais em grupo numa turma e, com maioria de razão, para uma utilização generalizada por todos os professores de Física-Química. Para obviar a esta situação a professora recorreu, nas aulas observadas, a material que improvisou com a ajuda de alguns alunos. Não existe nenhuma funcionária que dê apoio ao laboratório.

Estrutura global das actividades experimentais:

As duas sequências de aulas experimentais observadas ocorreram no âmbito do estudo das forças, tendo, no caso da primeira sequência, já sido trabalhados, em aulas anteriores, alguns dos conceitos envolvidos na actividade a realizar, o que não aconteceu na segunda

sequência, em que os alunos apenas tinham uma noção vaga do conceito envolvido na actividade proposta pela professora.

As sequências em questão não apresentaram diferenças relativamente à rotina seguida no seu desenrolar. Em ambos os casos já tinha sido distribuída na aula anterior uma ficha experimental relativamente à actividade a desenvolver.

Cada sequência iniciou-se com a execução da ficha pelos alunos, organizados em grupo, e terminou com a análise dos resultados obtidos e a elaboração das conclusões pela professora, embora com alguma ajuda dos alunos.

Globalmente foi possível distinguir três momentos em cada sequência de aulas observadas. Num primeiro momento, que correspondeu ao início de cada sequência, procedeu-se à organização global da actividade que envolveu a distribuição dos alunos por grupos, a organização do espaço físico, a distribuição do material e a explicitação, em termos gerais, da estrutura e conteúdo da ficha feita pela professora.

Num segundo momento, desenvolveu-se a actividade experimental propriamente dita, durante cerca de três aulas, no caso da primeira actividade, e uma aula, no caso da segunda actividade.

Os alunos, organizados em grupos de quatro ou cinco elementos, procederam à execução da ficha experimental, seguindo as instruções fornecidas pela professora. Em primeiro lugar, realizaram as experiências indicadas (três na primeira actividade e duas na segunda) e registaram as observações feitas, após o que passaram a responder às várias questões da ficha relativas à interpretação dos resultados obtidos.

Maria fez o acompanhamento do trabalho dos alunos no decurso da actividade. Além disso, na primeira actividade, recolheu no fim de cada aula uma ficha, por grupo, a fim de analisar com mais cuidado o trabalho já realizado pelos alunos. Com este objectivo, Maria fez pontos de situação, no início da segunda e terceira aulas, relativamente ao trabalho desenvolvido na aula anterior, indicando as falhas detectadas nas respostas dadas pelos vários grupos às questões da ficha. Fez também uma análise do trabalho que faltava desenvolver, dando indicações sobre o que se pretendia com os objectivos e questões da ficha, bem como indicações sobre como fazer o registo das observações e quais os aspectos a ter em conta na elaboração das conclusões/interpretação dos resultados. Como exemplo, apresenta-se um extracto do registo sobre o ponto de situação feito no início da 2ª aula observada:

«Prof.: O grupo nº2, o objectivo 1 e 2 não houve grande problema; em relação aos resultados eu pedia que voltassem a tirar novos valores, está bem? Grupo nº 3 as coisas correram muito bem. Em relação ao 1º e 2º objectivo vamos falar mais tarde. Em relação ao 3º objectivo vocês já têm os resultados: agora vão passar a reflectir sobre esse objectivo, está bem?

(...)

Prof.: Agora vamos falar do 3º objectivo; vou ler o que diz: relacionar as intensidades das forças e as deformações por ela produzidas em corpos elásticos. Portanto vocês têm que relacionar as intensidades das forças e as deformações. Vocês têm aqui duas palavras que vocês conhecem muito bem, força por um lado e deformação por outro: reparem naquilo que eu digo (repete novamente). Portanto, vocês têm uma montagem. Agora reparem num pormenor. Houve pelo menos um grupo que teve dificuldade em perceber o quadro. Vocês têm aqui um quadro e

quero que vocês verifiquem o que está nas várias colunas. isto é muito importante para vocês chegarem a uma conclusão final. Reparem eu começo por escrever na parte esquerda do quadro, peso, comprimento inicial, comprimento final, alongamento, e aí já está como se calcula o alongamento, comprimento final menos comprimento inicial, e a seguir vem uma operação que eu quero que vocês realizem, que é entre o alongamento e o peso; até aqui está tudo entendido?

(...) O que tenho estado a referir tem a ver com o preenchimento do quadro.

Relativamente às conclusões vamos olhar para a 1ª e a 3ª coluna, ou seja, vamos olhar para o peso e para o alongamento e vamos ver se o peso aumentar o que é que acontece ao alongamento. Vamos analisar a relação que há entre o peso e o alongamento, e na última coluna vão realizar a divisão e vão analisar os valores obtidos. Já foquei três aspectos que é importante focar na reflexão» (Registo de aula (11.03.94)).

Num terceiro e último momento, ocorreu a interpretação dos resultados experimentais e a elaboração das conclusões, que foram feitas fundamentalmente por Maria, embora com algum contributo dos alunos.

Por último há ainda a assinalar que, no fim de cada aula, Maria solicitou a cada um dos grupos, rotativamente, que dissesse qual o sumário dessa aula, papel que foi assumido naturalmente pelos alunos, o que denota ser uma prática comum nas suas aulas. No entanto, quando o sumário formulado pelos alunos não traduzia na globalidade o conteúdo da aula, Maria complementava-o. A este propósito inclui-se o seguinte registo, como exemplo:

«Professora pergunta aos alunos qual é o sumário.

Um aluno de um grupo: *Continuação da aula anterior.*

Prof.: *E além disso?*

O mesmo aluno: *Correcção da ficha.*

Prof. dita o sumário: *Continuação da aula anterior. Conceito de pressão»* (Registo de aula (27.04.94)).

Natureza do processo:

Decorre do que foi dito que o processo de desenvolvimento das duas actividades experimentais observadas, que se caracterizam por ter uma estrutura global semelhante, já se encontrava definido à partida. Com efeito, estas actividades, ao terem como suporte uma ficha de trabalho que continha os objectivos a atingir, um desenho ilustrativo da manipulação dos materiais, indicações sobre o como fazer essas manipulações e questões fechadas ou de completamento que indicavam quais os dados a recolher ou observações a fazer e/ou que orientavam a interpretação dos resultados e as conclusões a tirar de cada experiência, traduziram-se essencialmente numa mera execução destas instruções. Como exemplo, indicam-se algumas questões que integram as fichas fornecidas:

«[1ª actividade:] Objectivo nº 2 - Distinguir entre comprimento e alongamento de uma mola.

-Qual o valor do comprimento inicial (l) da mola? _____

-Aplica uma força (F_1) na mola elástica, o que aconteceu? _____

-Depois de teres aplicado a força F_1 , qual o comprimento final (l_f) da mola? _____

-"A mola sofreu um alongamento ao aplicar-se a força (F_1)". Comenta a frase anterior.»

«[2ª actividade:] Objectivo A - Reconhecer os factores de que depende a pressão.

Factor 1-Experiência 1- Na tina com farinha foram colocadas duas esferas de igual diâmetro e pesos diferentes.

Esquema: (...)

Conclusão: a) A pressão exercida pela esfera na situação _____ foi maior que a pressão exercida pela esfera na situação _____.
b) A pressão depende da _____ .»

Como elementos característicos comuns destas duas actividades ressaltam: a manipulação de materiais, a interpretação dos resultados experimentais e a elaboração de conclusões a partir desses resultados.

A professora Maria chamou a si o papel principal quer na preparação, quer na conclusão das actividades, tendo também assumido um papel preponderante na sua realização propriamente dita.

No que se refere à preparação das actividades, como se depreende do que atrás foi referido, Maria estabeleceu à partida toda a sua estrutura elaborando uma ficha experimental estruturante do processo a desenvolver pelos alunos (que, como também se referiu, incluía orientações precisas relativamente a todas as etapas desse processo) e, ainda, seleccionando todo o material necessário.

No decurso da execução da ficha experimental, a professora circulou pelos grupos de trabalho, tirando dúvidas colocadas pelos alunos relativamente às várias etapas do procedimento experimental: 1) manipulação do material; 2) descrição das observações feitas; 3) respostas a dar às questões da ficha relativas à interpretação dos resultados e elaboração das conclusões.

Este acompanhamento da execução da ficha traduziu-se, algumas vezes, na estimulação dos alunos para que eles próprios reflectissem sobre as observações, de modo a fazerem a sua interpretação, com intervenções como «*Pensem em conjunto o que podem dizer sobre o quadro*». Na maioria das vezes assumiu um papel mais directivo, explicando o que estava em jogo em cada situação e dando ela própria as respostas às questões. Como ilustração deste papel assumido por Maria, apresentam-se alguns extractos de registos feitos nas duas sequências:

- «[Num grupo] Prof. pergunta aos alunos o que diz o 1º objectivo.

Os alunos não respondem. Perguntam à prof. o que é que se pede para fazer - a prof. explica.

A prof. explica ainda o que se pretende com o 2º objectivo (Distinguir entre comprimento e alongamento de uma mola) » (Registo de aula (9.03.94)).

- «[Num grupo] Prof. pergunta o que é que eles observaram na 2ª experiência - os alunos respondem e a prof. ajuda-os a interpretar/concluir sobre a relação entre a pressão e a superfície; relembra o que disse, há bocadinho, sobre as grandezas directamente proporcionais, para informar os alunos que estas duas grandezas são inversamente proporcionais» (Registo de aula (26.04.94)).

Relativamente à interpretação dos resultados experimentais, a professora assumiu um papel de controlo quase total. Tomando como base as respostas dadas pelos vários grupos às questões da ficha relativas à interpretação dos resultados, Maria procedeu à análise dessas respostas, quer evidenciando as diferenças e os aspectos mais relevantes de cada interpretação, sobretudo na primeira sequência, quer identificando e corrigindo os aspectos

incorrectos contidos nessas respostas, o que se verificou principalmente na segunda sequência. Como exemplo, apresentam-se dois extractos dos registos feitos aquando da análise da interpretação dos resultados experimentais, respectivamente na primeira e na segunda sequência:

- «[Prof. :] *No 2º objectivo, na última aula já falei sobre ele e as grandes dúvidas que colocaram foi aqui nesta parte; na 1º parte não vou dizer nada porque era os valores do comprimento inicial, do comprimento final e do alongamento, apenas vou falar nesta parte. Eu digo assim: comenta a frase anterior - pede ao 5º grupo (grupo B) para dizerem o que escreveram.*

Uma aluna do 5º grupo: *Alongamento é a designação de algo que estica quando aplicamos uma certa força.*

Prof. comenta: *No fim de contas ela acabou por dizer o que é para eles o alongamento - e pergunta: Já perceberam o significado de alongamento? Porque vocês inicialmente estavam com um mal-entendido; há algum grupo que queira dizer alguma coisa sobre isto? Pode-se dizer muito mais; há outras maneiras de dizer a mesma coisa.*

Prof. pede a outro grupo para lerem o que escreveram.

Uma aluna: *A mola sofreu um alongamento que vai do comprimento inicial ao comprimento final.*

Prof.: *Portanto, reparem o outro grupo disse o que era alongar, alongar era esticar; este grupo diz mais o quê? - responde: Dizem que o alongamento é uma diferença entre o comprimento final e o comprimento inicial, estão a ver?» (Registo de aula (14.03.94))*

- «Prof. entrega as fichas que recolheu na última aula e diz que já as vai analisar.

Prof.: *Meus caros, tomem lá atenção! Agora não é para escrever nada, têm que ouvir o que vou dizer.*

Prof. diz que nas fichas fez correcções, mas que já vai esclarecer para se chegar à resposta mais correcta. (...)

[Prof.:] *No objectivo B é que surgiram mais dúvidas! - indica quais foram as questões em que cada grupo teve mais dificuldade, ou seja, que não deu a resposta desejada.*

Prof. lê a resposta de um dos grupos à questão 1, sobre o significado físico de pressão: *Estabeleceu uma relação entre a pressão e a força e, entre a pressão e a superfície, e, portanto, quando aumentava a superfície diminuía a pressão, e quando diminuía a superfície imediatamente aumentava a pressão, e comenta: Isso foi o que vocês viram. Realmente isso é verdadeiro; mas o que eu pedia era realmente o significado físico, o que é para vocês pressão, não é estabelecer a relação entre a superfície e a força, perceberam agora a vossa falha?» (Registo de aula (27.04.94)).*

De igual modo, a elaboração das conclusões para cada experiência foi feita por Maria, embora com alguns contributos dos alunos suscitados por questões fechadas ou de completamento que colocou, como se evidencia nos exemplos a seguir apresentados, relativos a extractos de diálogos estabelecidos a este propósito na primeira e segunda sequência:

- «Prof.: *Em relação ao 3º objectivo (...) vou pedir a um dos outros grupos para dizerem os valores e reflectir sobre esses valores - pede a um dos grupos.*

Uma aluna de um grupo começa a ler todos os valores da tabela (li, lf, etc.).

Prof. interrompe e diz para a aluna referir apenas os valores do peso e do alongamento e pergunta: *Porquê?* - responde: *Porque vamos comparar os pesos com os alongamentos, porque o objectivo é relacionar as forças com as deformações que elas produzem - a aluna diz os valores pedidos. (...)*

A mesma aluna lê a conclusão: *Quando o peso aumenta de 0,2 N o alongamento aumenta também, assim vai dar um resultado final que é o dobro do principio, ou seja, os valores são constantes.*

Prof. chama a atenção que o peso passou para o dobro e pergunta: *O que aconteceu ao alongamento, um em relação ao outro?* - o grupo diz que também passou para o dobro.

Prof.: *Eles analisaram o alongamento e as forças e chegaram à conclusão de quê? Que aumentavam na mesma proporção. Portanto, o que é que posso concluir em relação a este objectivo?*

Um aluno: *Conforme o peso aumenta o alongamento também aumenta.*

Prof.: *Mas aumentam na mesma proporção ou não?* - o aluno diz que aumentam.

Prof. conclui: *Aumentam na mesma proporção* - repete novamente e pergunta: *Então o que é que eu posso dizer sobre o alongamento e a força?*

Prof. responde: *São directamente proporcionais, portanto aumentam na mesma proporção»* (Registo de aula (14.03.94))

- «Prof.: *1º questão do objectivo B, (lê a questão), quando peço isto, imediatamente, o que é que eu quero que vocês me digam? Quero o que é, para vocês, a pressão: vocês, quando analisaram o objectivo A, salientaram dois factores que foram força e foi a superfície de contacto, foi dois aspectos que vocês salientaram. Significa que vocês hão-de incluir estas duas grandezas na própria definição de pressão, estão a ver onde é que eu quero chegar? Então, ao conceito!* - e pergunta: *Para chegar ao conceito de pressão, vou servir-me, vai incluir o quê? Estes dois termos, quais são os termos? Quais são as grandezas? É força, e é o quê? É a...*

Alguns alunos: *Superfície.*

Prof. repete: *A superfície* - e pergunta: *Atendendo àquilo que vocês fizeram na última aula, o que é a pressão?* - interrompe.

(...)

Prof. conclui: *Então a pressão é a força exercida sobre uma dada superfície, porquê?* - relembra as conclusões a que tinham chegado sobre os dois factores.

Prof. repete novamente a definição de pressão: *É a força exercida sobre uma dada superfície* - pergunta se há alguma dúvida.

Ninguém responde» (Registo de aula (27.04.94)).

Decorre da análise já feita que nas duas actividades experimentais observadas os alunos centram a sua acção na execução de uma ficha experimental. Em actividade de grupo, os alunos realizaram as experiências e fizeram o registo das observações, a interpretação dos resultados obtidos e a elaboração de conclusões de acordo com as instruções constantes da ficha de apoio. Constata-se, no entanto, que mesmo neste âmbito existe uma extrema dependência dos alunos em relação à professora, pois que, apesar das instruções fornecidas, frequentemente solicitavam a sua ajuda quer para tirar dúvidas que tinham sobre a manipulação dos materiais, quer no que se refere ao registo, bem como interpretação dos resultados experimentais, e que já foi ilustrado nos extractos de aulas anteriormente apresentados. Levanta-se, contudo, a questão se esta dependência se não deverá ao facto dos alunos não compreenderem o significado de algumas instruções, como os extractos a seguir apresentados parecem indiciar.

Na primeira sequência:

«Os alunos começaram por ler o 1º objectivo da ficha experimental, mas parecem não compreender o que se pede; esperam pela professora - enquanto a professora não chega, os alunos conversam e brincam com o material; os vários grupos chamam pela professora. (...) [Num grupo] uma aluna chama a prof. e diz que continua a não perceber (refere-se às questões do 2º objectivo) -

a professora explica o que têm de fazer. (...) [Noutro grupo] uma aluna pergunta: *Professora o que é que se pretende no 2º objectivo?*

Prof. responde: *É que vocês vejam qual é o comprimento inicial, o comprimento final e o alongamento»*(Registo de aula (9.03.94)).

Na segunda sequência:

«os alunos [de um grupo] chamam a professora e perguntam-lhe como é que se responde à questão 1 que diz: Apresenta o significado físico de pressão.

A prof. diz que é para darem a definição de pressão e que têm que ter em conta os termos força e superfície» (Registo de aula (26.04.94)).

Por outro lado, aliadas a estas dificuldades manifestadas pelos alunos na compreensão das instruções foi possível identificar outras associadas à interpretação dos resultados, aquando da análise das suas respostas às questões das fichas relativas a este aspecto. Com efeito, estas respostas não eram mais do que meras descrições das observações feitas em cada experiência, o que coloca em evidência as dificuldades dos alunos em relacionar as variáveis em jogo, em cada situação. Assim, no caso da primeira actividade, os alunos não foram capazes, designadamente, de relacionar a noção de alongamento com a noção de deformação elástica (dada na aula anterior à realização da primeira actividade) e de utilizar o conceito de proporcionalidade directa e inversa na análise da relação entre as intensidades das forças aplicadas numa mola elástica e os alongamentos produzidos. No caso da segunda actividade, estas dificuldades manifestaram-se, por exemplo, na análise da relação de dependência da pressão com a intensidade da força aplicada e com a área da superfície de contacto.

Esta constatação permite colocar a hipótese que as dificuldades e a forte dependência dos alunos em relação à professora poderão estar relacionadas com o facto de estes não possuírem à partida um quadro conceptual de referência, nomeadamente sobre as noções referidas, à luz do qual pudessem atribuir sentido quer às indicações da ficha, quer às observações realizadas. A plausibilidade desta hipótese parece ser justificada se se atender ao facto de que previamente à realização da primeira actividade se trabalhou apenas a diferença entre deformação elástica e permanente e, no caso do estudo da pressão, apenas foi feita uma referência a esta grandeza como um exemplo de uma força de contacto, como se ilustra nos extractos de registos que a seguir se apresentam.

Na primeira sequência:

- «Prof.: *Em relação ao 1º objectivo (Distinguir entre Deformação elástica e permanente) eu não vou perder tempo, ele já tinha sido focado em aulas anteriores.»* (Registo de aula (11.03.93))

Na segunda sequência:

- «Prof. pergunta: *Em relação à nossa ficha, o que é que fizemos, na última aula?*
Ninguém responde.

Prof. reformula a pergunta: *Nós tínhamos visto os tipos de forças e, vimos que a pressão era o quê?*

Alunos não respondem.

Prof.: *Então, que tipos de forças é que vimos?*

Alguns alunos: *A distância e de contacto.*

Prof.: *Então, a pressão era de que tipo?*

Alguns alunos: *De contacto.»* (Registo de aula (26.04.94))

Papel das actividades experimentais:

A natureza das actividades experimentais observadas e o contexto em que se desenvolveram sugerem que o objectivo fundamental destas actividades era a "descoberta" da lei de Hooke, no primeiro caso, e a "descoberta" do conceito de pressão, no segundo caso.

Esta ideia é reforçada pelo facto destas actividades não terem assumido um papel de verificação ou de ilustração da lei ou do conceito ou, ainda, de aplicação de conceitos e leis na exploração de uma situação-problemática já que, quer a lei quer o conceito, não foram trabalhados em aulas anteriores à realização das actividades.

Além disso, o facto do processo desenvolvido nas duas actividades se ter estruturado a partir da manipulação dos materiais e registo de observações, com vista à interpretação e elaboração de conclusões com base nos resultados experimentais, indicia, como pressuposto fundamental destas actividades, que a partir da análise dos dados de observação/experimentação e da constatação de regularidades nesses dados, os alunos seriam capazes de inferir relações que os levassem quer à definição da lei de Hooke, quer à definição operacional do conceito de pressão. Deste modo, parece poder afirmar-se que estas actividades desempenharam, sobretudo, uma função de ensino destes conteúdos científicos.

Em síntese, parece-nos importante realçar alguns aspectos que sobressaem da descrição e análise que foi feita dos dados de observação de cinco aulas, relativas à realização de duas actividades experimentais, e que nos permitem, de algum modo, caracterizar as práticas em sala de aula, que envolvem a realização de trabalho experimental, desta professora.

Em primeiro lugar, ambas as actividades experimentais apresentaram uma estrutura bem definida, com etapas realizadas sempre com a mesma ordem: experimentação/manipulação dos materiais, observação do que acontece e o seu registo, interpretação dos resultados experimentais e elaboração das conclusões. Parece assim poder afirmar-se que o processo inerente ao desenvolvimento destas actividades experimentais se caracteriza por ter uma natureza estática, com uma estrutura sequencial de etapas bem definidas e hierarquicamente organizadas. Como elementos fundamentais deste processo destacam-se a experimentação dos materiais e a observação de resultados experimentais como fontes de dados para a elaboração das conclusões.

Em segundo lugar, Maria, ao assumir um papel de quase completo controlo sobre todas as fases de desenvolvimento das actividades (desde a sua definição por via de uma ficha com instruções relativas a todas as etapas, à sua realização e conclusão, o que configurou

um processo altamente estruturado) condicionou a participação dos alunos a uma execução quase mecânica das instruções e orientações por si fornecidas. Deste modo, a participação dos alunos surgiu dependente das solicitações da professora, através de instruções, de indicações e de questões muito precisas, não se tendo observado ocasiões em que eles tivessem de problematizar os dados de observação e de tomar decisões.

Por último, estas actividades parecem ter subjacente o pressuposto de que a partir da análise de dados, fora de um quadro conceptual de referência, é possível estabelecer relações entre esses dados e proceder a generalizações conducentes à definição de leis ou de conceitos: a lei de Hooke na primeira actividade observada e o conceito de pressão na segunda actividade. As actividades experimentais para Maria parecem desempenhar sobretudo uma função de ensino e menos uma função formativa.

2.5 - Professora Rosa

2.5.1 - Representações de ciência

Natureza do conhecimento científico:

A professora Rosa olha a ciência como um processo dinâmico de conhecimento, onde ocorrem mudanças rápidas e constantes do conhecimento, pois, como afirma, a «ciência implica muita mudança, ...! (...) [É comparável a] um móvel em movimento, rápido, constante, sem paragens!» (Q1,30). Este carácter dinâmico da ciência deve-se, segundo esta professora, à «necessidade que o homem tem de tentar controlar além da própria vida, a Natureza! ...Enquanto ele não conseguir, (...), vai sempre tentar ir mais além» (Q10,226).

A especificidade da ciência reside ainda na utilização do método científico pelos homens de ciência. Aliás, como refere Rosa, a ciência distingue-se da não-ciência, precisamente porque pressupõe a utilização do método científico, de «todos aqueles passos do pensamento científico» (Q1,14), para «interrogar constantemente ... determinadas observações que [se] fazem» (Q1,20).

Assim, na sua perspectiva, a não-ciência tem um carácter dogmático, aceitando «determinada conclusão, ..., como irrefutável» (Q1,8), ou seja, «arranjam uma interpretação para o que vêem, (...), [e] se essa interpretação está de acordo com o que vêem, então, é por que é certo, sem se questionar se há algum ponto que não corresponderá à verdade» (Q1,20).

A ciência, pelo contrário, não considera determinada conclusão «como não irrefutável» (Q1,8), põe em dúvida se a interpretação que faz traduz correctamente a realidade. Questiona as observações e vai testá-las de forma rigorosa e exaustiva, usando o método científico e utilizando os recursos tecnológicos disponíveis num dado momento, de modo a chegar a «uma interpretação que esteja mais de acordo (...) mais aproximada do objecto de estudo» (Q1,22).

Sobre as explicações científicas, Rosa indica que são «possíveis interpretações de qualquer fenómeno que se passa à nossa volta, seja na Terra, seja no Universo, seja ... a nível da própria formação do homem» (Q1,2). Estas interpretações baseiam-se, segundo a sua perspectiva, em factos observados e experimentados. No entanto, sublinha que estes factos não podem ser considerados como um dado «certo, irreversível, irrefutável» (Q1,8), pois considera que «à medida que a técnica vai ficando [mais] apurada, logicamente vai-se conseguindo evoluir mais no estudo de determinado fenómeno» (Q6,148), o que conduz ao surgimento de novos factos que põem em causa os anteriores.

Suscitadas pelas necessidades que se colocam ao homem, Rosa indica ainda que estas interpretações não são «algo que aparece, que brota do chão de repente» (Q2,42), são produzidas pelo homem: «chega-se a uma conclusão porque é o homem com uma determinada estrutura mental, com uma determinada maneira de ser, [e de] estar, ..., que percorreu esse caminho!» (Q2,52). Por sua vez, este caminho dos factos até às explicações científicas, que, segundo esta professora, é definido pelo homem de acordo com a sua mentalidade e sensibilidade, é, em sua opinião, fortemente condicionado quer pelo «objecto de estudo» (Q2,38), portanto, «por aspectos que ocorrem, fenómenos que ocorrem à nossa volta» (Q2,36) e pelos meios de análise disponíveis, quer pela existência de um padrão: «uma pessoa está sempre a fazer um estudo a partir de algo que já foi, ..., analisado, ..., que é um padrão» (Q2,40).

Assim é possível, segundo Rosa, que «dois cientistas a trabalhar sobre o mesmo assunto, ..., [percorram] caminhos completamente diferentes, ..., e, se calhar, ambos válidos, (...) [e deste modo] poderão chegar a valores, ..., a resultados diferentes» (Q3,58). É utilizando este argumento que a professora indica que o conhecimento científico é relativo, não «traduz verdades absolutas» (Q3,56).

Por outro lado, refere que o conhecimento científico é falível, característica que associa ao facto da ciência evoluir: «coisas que eram óbvias, bastante próximas do real, ..., [foram] completamente ultrapassadas a partir do momento em que a técnica está a evoluir, (...) [e] o tal esmifrar microscopicamente as coisas está a aumentar. ...No futuro, uma interpretação que qualquer cientista dê há-de estar muito mais próxima, no limite, do real, ..., do que está agora» (Q3,60).

Além disso, indica que o conhecimento científico é subjectivo, pois na sua perspectiva, «não se pode dizer se é verdade, se essa interpretação será de facto verdadeira» (Q5,98), portanto, «próxima da interpretação real, ...uma explicação que de facto tenha acontecido» (Q3,62). Como afirma, «porque foram conhecimentos que foram obtidos por homens, ..., como tal as conclusões a que chegaram são subjectivas» (Q5,104). Um outro argumento que esta professora utiliza, para rejeitar a ideia da objectividade da ciência, tem a ver, também, com o facto desta evoluir: «foi o homem que chegou a esse conhecimento com os dados que tinha, daqui a uns anos tudo se calhar se põe em causa» (Q5,108), em que «de repente, depois de se esmifrar mais isso, conclui-se que afinal não era verdade» (Q5,104).

A este propósito, refere ainda como exemplo paradigmático da subjectividade da ciência «a evolução do modelo atómico» (Q5,108).

Deste modo, parece evidenciar-se que Rosa não tem um posicionamento claro sobre a questão da objectividade/subjectividade da ciência e que parece advir da ambiguidade da sua própria noção de objectividade.

Com efeito, as afirmações atrás referidas sugerem que para esta professora a ideia de objectividade não se distingue da ideia de verdade, que parece ser por si entendida como uma característica inerente a uma proposição científica que seja o reflexo do real. A confirmar-se esta hipótese, não é de estranhar que, baseando-se nesta noção de objectividade, Rosa coloque a ênfase na subjectividade da ciência, argumentando que o conhecimento é subjectivo porque não se pode dizer se uma dada interpretação é verdadeira. Neste sentido, parece poder interpretar-se que para Rosa a subjectividade do conhecimento científico decorre essencialmente das dificuldades colocadas pelos meios tecnológicos existentes em aceder à essência da Natureza e, portanto, em produzir-se um conhecimento científico que seja um reflexo do real, constituído por proposições verdadeiras, certas e irrefutáveis e, como tal, objectivas. De igual modo, a relatividade e falibilidade do conhecimento, características que Rosa atribui ao conhecimento científico, parecem poder atribuir-se a estas dificuldades em conhecer a realidade na sua essência, postas pela tecnologia existente.

Produção do conhecimento científico:

Em consonância com estas ideias, Rosa considera que a evolução da ciência se faz «de acordo, ..., com a técnica, (...) paralelamente à evolução de uma outra ciência, que é os meios que cada cientista vai tendo» (Q6, 130). Salienta que «quanto mais essa técnica for desenvolvida melhores são as nossas ferramentas, podemos chegar mais ao pormenor, (...), e ainda ir lá mais dentro e esmiçar mais algo» (Q3,64), portanto, fazer observações cada vez «mais microscópicas, mais pormenorizadas» (Q3,66). A obtenção destes factos cada vez mais pormenorizados sobre a realidade conduz, segundo esta professora, «a uma aproximação assintótica, (...), entre a nossa interpretação do real e esse real!» (Q6,134) e, portanto, a uma interpretação mais próxima da realidade do fenómeno, da «tal unidade estrutural que nos constitui» (Q6,156). Este processo, não sendo «linear» (Q7,160), traduz, em sua opinião, uma evolução «em espiral» (Q6,144), ou seja, «uma evolução sem esquecer, ..., o que nos liga ao passado» (Q6,144).

Deste modo, o progresso da ciência, sustentado pela acumulação de factos derivados da observação e experimentação «cada vez mais aperfeiçoada» (Q7,160) parece ser por si perspectivado preferencialmente como um processo em que as mudanças qualitativas do conhecimento científico correspondem a uma modificação dos conhecimentos anteriores, o que configura uma ideia cumulativa e continuista da história da ciência.

Consistente com esta ideia do processo evolutivo da ciência, Rosa olha a actividade científica como uma actividade em que se faz uso do método experimental -método

científico- que, ao possibilitar a testagem rigorosa e exaustiva dos factos observados, constitui o garante da cientificidade do conhecimento que se produz (Q1,14; Q5,118). Sobre o método científico, esta professora refere que «para as coisas serem bem claras tem que ser um método, tem que ser uma sequência de etapas, hierarquicamente organizadas» (Q9,218). A pertinência da utilização deste método específico, que se inicia pela observação, é ainda salientada pela professora quando indica que «uma casa não se começa de um lado qualquer, não vou começar pelo telhado, tem que se começar pelo terreno, pelos alicerces, ..., portanto aqui o método científico tem de ter uma sequência de etapas bem organizadas e bem definidas» (Q9,218). Rosa evidencia, deste modo, uma ideia do método científico como um conjunto de regras e de procedimentos fixos e universais, que devem ser aplicados de acordo com uma ordem pré-estabelecida.

Neste contexto, o processo de produção do conhecimento científico desenvolve-se, segundo a sua perspectiva, «a partir de um facto, de um fenómeno que ele [o cientista] observa e que pretende estudar, ..., [e] testar (...) um número bastante elevado de hipóteses, (...), analisar com muito cuidado cada uma delas, (...), com a técnica mais aperfeiçoada, mais evoluída que existe» (Q8,172). Posteriormente, faz-se a interpretação dos resultados experimentais e elaboram-se as conclusões ou, como a professora afirma, «através dessa experimentação, que tem que ser obviamente com um número de amostras suficientemente grande, (...), tiram-se várias conclusões e várias interpretações».

Neste processo, Rosa parece destacar como etapas fundamentais a observação dos fenómenos, que está na base da formulação das hipóteses, e a experimentação como meio de testagem e de verificação das hipóteses. No cerne da actividade científica está, segundo a professora, a experimentação, sem a qual não haveria actividade científica: «a experimentação são as ferramentas para testar ...[as] hipóteses, (...), é como um cão-guia para um cego» (Q11,208). Para a elaboração das conclusões, a importância da existência de um padrão, de algo que já foi analisado, é sublinhada por Rosa quando afirma que é através da análise das «semelhanças e diferenças»(Q3,62) dos resultados experimentais com esse padrão que se estabelecem as conclusões do estudo.

Para Rosa, este processo termina «a partir do momento que [o cientista] vê que é óbvia aquela relação entre aquele fenómeno e aquelas conclusões» (Q8,186). No entanto, como salienta, para se chegar à formulação de uma teoria científica há necessidade de aprovação, no seio de uma dada comunidade, das conclusões a que um cientista chegou, de a sujeitar à crítica e avaliação, e «dar um tempo para que a ... teoria seja trabalhada, explorada por todos os que queiram (...), testada e então depois reunir para comparar tudo isso» (Q8,190). A importância deste consenso na produção do conhecimento científico é vista de uma forma peculiar por esta professora. Ela decorre, segundo a sua perspectiva, do facto de assim se «chegar a um resultado muito mais fino, muito mais próximo do real do que se forem poucas pessoas a chegarem uma conclusão» (Q8,198). Este modo de olhar o consenso no seio da comunidade científica parece sustentar-se, sobretudo, no confronto de factos experimentais, verificados e provados em condições experimentais idênticas por

diferentes pessoas, e menos na permuta de perspectivas entre indivíduos humanos com vista à negociação do sentido a atribuir aos resultados obtidos. Deste modo, e atendendo a que Rosa parece entender a objectividade como a propriedade de algo que corresponde à realidade, não é de estranhar que não atribua a este saber consensual um carácter objectivo, mas subjectivo. Como afirma: «continua a ser subjectivo porque [a teoria científica] foi feita, ..., por uma equipa de pessoas; portanto, ..., apesar de ser consenso, a sua construção foi subjectiva, o caminho que seguiu foi subjectivo» (Q8,202). Esta ideia parece ser consistente com o modo como entende a subjectividade do conhecimento, atrás referido, e que aqui é reforçada quando considera que as conclusões do trabalho científico dependem «da tecnologia [usada], da fiabilidade dessa tecnologia, ou seja, do caminho que percorreram» (Q8,184).

Esta ideia parece também estar relacionada com a forma como esta professora concebe o papel do cientista na percepção da realidade. Com efeito, embora interprete a realidade como algo que é exterior e independente do homem (Q4,92) e, portanto, «a única parte objectiva, ...na ciência» (Q8,176), Rosa considera que a sua percepção é subjectiva. Argumenta que são possíveis diferentes interpretações de uma mesma realidade, dependendo de «diferentes sensibilidades e também diferentes meios de analisar, diferentes técnicas utilizadas» (Q4,90). Esta sensibilidade do cientista, que para Rosa parece estar relacionada sobretudo com os seus conhecimentos, condiciona, em sua opinião, o tipo de hipóteses que formula e a selecção dos meios de análise, da tecnologia a usar e, por consequência, «o caminho percorrido» (Q5,124), o que poderá conduzir a resultados experimentais diferentes. Deste modo, o papel do sujeito no processo de conhecimento parece ser entendido por esta professora como decorrendo essencialmente da sua influência na escolha dos meios tecnológicos a usar na experimentação, e de cuja fiabilidade parece depender uma interpretação mais ou menos próxima da realidade.

Pelo que foi dito, sobressaem alguns aspectos que ajudam a caracterizar as representações de ciência da professora Rosa e que importa sintetizar.

Como vector estruturante das suas ideias sobre a ciência, em geral, e sobre a natureza do conhecimento científico e do seu processo de produção, em particular, sobressai a importância que Rosa parece atribuir à descoberta da essência da Natureza enquanto objectivo primeiro da ciência, decorrente da necessidade sentida pelo homem em controlar a Natureza. Descoberta que, para esta professora, está essencialmente relacionada com a tecnologia disponível numa determinada época.

Deste modo, Rosa parece privilegiar a ideia de que a ciência se fundamenta em factos observados, verificados e provados por intermédio do método científico, extraídos de uma realidade, por si considerada objectiva, eterna e passiva, e cujos elementos se podem desmontar e depois relacionar sob a forma de leis. No entanto, ao reconhecer que esta realidade é complexa e não directamente acessível ao sujeito cognoscente, considera que o seu conhecimento não traduz, segundo a sua perspectiva, um reflexo dessa realidade, mas

tão só uma interpretação possível que se baseia nos dados disponíveis num determinado momento. É neste sentido que Rosa afirma que não se podem considerar estes factos como dados certos e irrefutáveis, pois que podem ser postos em causa pelo surgimento de novos factos decorrentes da utilização de tecnologias cada vez mais aperfeiçoadas.

Assim, segundo a sua perspectiva, é o surgimento constante destes novos factos que está na base da mudança do conhecimento científico, razão pela qual atribui à ciência um carácter dinâmico, relativo e falível. De igual modo, ao colocar a ênfase neste carácter não-dogmático e não-inquestionável da ciência e atendendo a que interpreta preferencialmente a objectividade como a propriedade de algo que corresponde à realidade, esta professora tende a considerar o conhecimento científico como subjectivo, argumentando que, num dado momento, não se pode afirmar se uma dada interpretação de um fenómeno é verdadeira ou falsa. Por outro lado, esta natureza subjectiva do conhecimento científico parece também dever-se, segundo a sua perspectiva, ao papel do sujeito no seu processo de produção, já que os resultados experimentais que se obtêm dependem dos meios de análise por si seleccionados, de acordo com a sua sensibilidade e o seu conhecimento.

O processo de produção e de evolução da ciência parece ser concebido, por Rosa, fundamentalmente como um processo de inferência indutiva a partir dos dados de observação e experimentação, com vista à descoberta da essência da Natureza. Deste modo, é natural que esta professora considere que o método científico (por si entendido como uma sequência de etapas bem definidas e hierarquicamente organizadas que se iniciam com a observação de um facto ou de um fenómeno) constitui a metodologia universal do trabalho científico e o garante da cientificidade do conhecimento que se produz por seu intermédio. É também natural que, neste contexto, reconheça ao progresso da ciência um carácter cumulativo e continuista, atribuindo-o, sobretudo, ao surgimento de factos cada vez mais sofisticados e rigorosos que, pondo em causa os conhecimentos anteriores, conduzem à sua modificação. Em todo este processo, a observação e a experimentação surgem como as etapas fundamentais, respectivamente como ponto de partida da actividade científica e meio de testagem, verificação e validação, das hipóteses consideradas.

2.5.2 - Representações pedagógicas de trabalho experimental

Globalmente, Rosa olha o trabalho experimental como uma actividade que se destina a «atribuir aos alunos, em certa medida, o papel de cientistas, ..., fazê-los eles próprios sentirem-se no papel daqueles cientistas que se falam nos livros e que nós lhes mencionamos» (Q12,230). Para esta professora, pôr os alunos no papel de cientistas significa, em termos ideiais, «dar-lhes algumas hipóteses, ..., têm aqui o material, damos-lhes um guião, (...), e eles próprios chegarem às conclusões» (Q12,234).

Deste modo, o trabalho experimental parece ser essencialmente concebido por Rosa como uma actividade em que os alunos manipulam os materiais e elaboram as conclusões

do trabalho, de acordo com as orientações fornecidas pela professora através de um guião. Além disso, salienta que, uma vez que «cada experimentação está agregada a uma matéria, ..., a um conjunto de informações que queremos dar aos alunos» (Q12,233), «o tipo de experimentação vai depender do tipo de informação». Este aspecto reflecte-se, em sua opinião, no tipo de material que se utiliza na experimentação, considerando que, por exemplo, em termos do oitavo ano se deve usar material «mais simples, material muito mais usual, ...[como] copos de iogurte» (Q12,240), do que a nível do ensino secundário em que «o grau de exigência é diferente» (Q12,240).

Por outro lado, Rosa vê o trabalho experimental como uma actividade que «tem que reflectir» (Q13,250) as características do trabalho científico. A importância desta relação é sublinhada por esta professora do seguinte modo: «deve reflectir que é para os próprios alunos poderem acompanhar a evolução dos conceitos que têm vindo a aparecer em Física e em Química» (Q13,250). Para si, isto significa que o trabalho experimental, ao reflectir as características do trabalho científico, permite «observar essa própria evolução!» (Q13,250), pois, como refere, deste modo os alunos seguem «um caminho algo idêntico» (Q13,250) ao dos próprios cientistas.

Uma actividade investigativa é por si considerada como uma actividade em que o professor instiga «o aluno a investigar qualquer coisa» (Q14,264) e a «fazerem uma análise, ... de um determinado fenómeno, obrigar, no fundo, a que eles próprios se debrucem, interroguem, questionem determinado fenómeno» (Q14,278).

Neste contexto, e em consonância com as suas ideias de trabalho científico atrás analisadas, Rosa indica que o trabalho experimental, como uma actividade de carácter investigativo, se deve processar de acordo com a sequência de etapas do método científico.

Assim, «o ideal e o mais próximo do método científico» (Q13,260) seria, segundo a sua perspectiva, o professor dar «uma certa visão ... [do] fenómeno» (Q13,260) a estudar, e depois propor ao aluno a seguinte actividade: «dá hipóteses para esta situação, (...), [e] com o material de que dispões tenta arranjar uma interpretação daquele fenómeno» (Q13,260).

O trabalho experimental assim concebido criaria, em sua opinião, oportunidades para que os alunos estudassem o fenómeno, se interrogassem e formassem hipóteses e as testassem. No entanto, como refere repetidas vezes «obviamente o trabalho experimental convém sempre ter ..., um guião» (Q13,260) que, como afirma, serve para «os guiar de certa maneira» (Q14,266) e para «lhes dar algumas pistas para não fugirem muito do âmbito que se lhes quer dar» (Q14,270), o que sugere que possivelmente aquelas oportunidades serão dificilmente criadas. Esta ideia é ainda apoiada quando indica que este guião deve conter «uma figura ou, normalmente ...um resumo de uma situação, ...[em que] eles ao lerem aquilo estão no fundo a observar um determinado fenómeno» (Q14,262) e instruções relativamente ao que a professora «pretendia que eles fizessem» (Q14,272), bem como «um quadrozinho para registo dos resultados e um local para conclusão»

(Q13,260), ou seja, orientações relativas às várias etapas que muito provavelmente condicionarão todo o desenvolvimento da actividade.

A forma que privilegiaria para implementar este tipo de actividades, no contexto da sala de aula, seria, segundo Rosa, utilizá-las para introduzir um debate sobre qualquer conteúdo de ensino. Para o efeito, indica que procederia do seguinte modo: «transformaria cada capítulo, ..., cada informação, que ... [quisesse] passar aos alunos, num debate, debate esse que partia de trabalho experimental, [em que] cada aluno, cada grupo teria os seus valores» (Q14, 266); passsar-se-ia, então, a «debater todas estas questões» (Q14, 266). Neste contexto, e de acordo com o que afirma, a professora atribui-se «o papel de moderador, em que teria que ligar todas estas informações» (Q14, 266) no decurso do debate, para além do papel de definição e de concepção do guião orientador da actividade. Fica, contudo, a questão de se saber qual é o papel dos alunos nesta actividade. De que margem de liberdade é que dispõem? Que actividades intelectuais é que mobilizam? A sua participação ficará condicionada à manipulação do material fornecido e à recolha de dados, como a descrição da actividade sugere? Com efeito, a professora, ao centrar a actividade na manipulação de materiais de acordo com as instruções fornecidas, com vista à recolha de dados, a partir dos quais parece supor que é possível pôr em evidência um determinado conceito, condiciona fortemente a acção dos alunos e possivelmente restringe-a, sobretudo, a uma execução mecânica de instruções.

No que se refere aos valores educativos do trabalho experimental, Rosa atribui particular importância ao seu papel como forma de promover o ensino e a aprendizagem dos conteúdos científicos. De facto, ao considerar que o trabalho experimental é uma actividade que está sempre associada à transmissão de «informação que nós [professores] queremos ..., passar aos alunos» (Q12, 228), esta professora salienta a importância do seu papel de "marketing" de uma determinada informação, referindo explicitamente que «o trabalho experimental é, no fundo, a nossa publicidade de maneira a fazer com que o aluno aceite melhor, (...), toda a informação que lhe queremos dar» (Q12, 228). Argumenta que «através do tacto torna mais sensível o aluno» (Q12, 228) a aceitar uma determinada informação que, deste modo, tem «outra força do que se fosse só através do sentido de audição ou até de visão» (Q12, 228). Esta função de "marketing" do trabalho experimental não é restrita aos conteúdos de ensino, mas abrange também, na perspectiva desta professora, «a disciplina e, também, ...a própria escola» (Q15, 288), promovendo o interesse dos alunos pela disciplina e pela escola. Como salienta, «os alunos vêm muito mais bem dispostos para uma aula experimental, vêm para a escola muito mais animados, [e] há muito menos alunos a faltar do que se for uma aula que eles sabem à partida, seja de debate, seja exercícios, seja exposição por parte da professora» (Q15, 288).

Por outro lado, refere que o trabalho experimental, ao permitir que os alunos estejam «na prática a ver o que nos livros aparece ali tudo escritinho» (Q12, 236) e ligar «mais a disciplina ao real» (Q15, 294), leva a que a aprendizagem da Física e Química se torne

«muito mais fácil e deixa de ser o bicho-papão» (Q15, 294), como normalmente é considerada.

Paralelamente, e em relação ao papel do trabalho experimental na formação dos jovens, Rosa destaca a sua importância em «activar o lado crítico dos alunos» (Q13, 258), capacidade que reputa de fundamental para que os alunos, tal como os cientistas, se tornem «muito mais críticos em relação a tudo» (Q13, 258) o que os rodeia. Além disso, considera que pode contribuir para o desenvolvimento da sua autonomia e de atitudes de responsabilidade e de solidariedade ou, como a professora afirma, «[os alunos] ficam mais responsáveis porque se apercebem de fenómenos que acontecem à volta deles, ... [e] que não existem só eles próprios, (...),[e] a partir do momento em que lhes damos o papel de cientistas ... de certa maneira fá-los sentir mais importantes, ..., mais crescidos, (...),[e] isso dá-lhes uma certa autonomia» (Q16, 292).

Pelo que foi dito, destacam-se alguns elementos caracterizadores das representações pedagógicas de Rosa sobre trabalho experimental.

O trabalho experimental parece ser interpretado preferencialmente como uma actividade em que os alunos podem assumir o papel de cientistas e em que, ao reflectir as características do trabalho científico, devem ser utilizadas todas as etapas do método científico. Concebido deste modo, o trabalho experimental deve, na sua perspectiva, envolver os alunos na observação de um fenómeno, na formulação de hipóteses e sua testagem através da experimentação, e na elaboração das conclusões.

Todavia, ao considerar que todas as actividades de trabalho experimental pressupõem a existência de um guião com orientações relativas a todas as etapas (incluindo a listagem do material a usar e quadros para registo de resultados) levanta-se a questão de saber se, deste modo, se propicia o envolvimento dos alunos dos alunos na concepção e desenvolvimento dessas etapas. Pelo contrário, parece evidenciar-se que Rosa se atribui um papel de grande controlo sobre a concepção e desenvolvimento de toda a actividade, incluindo a elaboração das conclusões, pois que, como refere, caberia a si «ligar todas estas informações» (Q14, 266) extraídas a partir dos dados recolhidos pelos alunos.

Assim, o modo como Rosa descreve as actividades de trabalho experimental parece configurar, sobretudo, um processo altamente estruturado, linear e repetitivo, onde a acção dos alunos surge condicionada à execução dos procedimentos previamente estabelecidos. A manipulação de materiais/experimentação, enquanto fonte de dados, e a sua análise sobressaem como os elementos estruturantes deste processo.

Um segundo aspecto a salientar prende-se com o papel e os valores educativos que Rosa reconhece ao trabalho experimental.

No contexto das aulas de Física-Química, ao considerar que o trabalho experimental surge sempre ligado ao ensino de um determinado conteúdo científico e que a partir dos resultados experimentais se podem extrair as informações que o professor quer «passar aos alunos» (Q12, 228), evidencia-se que Rosa atribui fundamentalmente ao trabalho

experimental um papel de “descoberta” de conceitos. Face à ênfase que coloca nesta função de ensino do trabalho experimental, é natural que destaque como relevante o seu papel de “marketing” dos conteúdos de ensino e indique como valores educativos fundamentais o facto de favorecer a sua compreensão e aprendizagem, bem como o de aumentar o interesse dos alunos pela disciplina e, até, pela própria escola, já que as aulas experimentais são, em sua opinião, as preferidas pelos alunos.

Simultaneamente, considera que poderá desempenhar um papel importante na formação dos jovens, ao nível do desenvolvimento da sua capacidade crítica, da sua autonomia e de atitudes de responsabilidade e de solidariedade, potencialidades formativas que parecem ser dificilmente exploradas se se atender ao modo como Rosa concebe o trabalho experimental.

2.5.3 - Prática em sala de aula

As aulas observadas incidiram sobre dois temas de duas unidades didácticas diferentes, escolhidas pela professora: uma 1ª sequência de duas aulas consecutivas sobre energia térmica - factores que influenciam a transferência de energia térmica, e uma 2ª sequência de três aulas consecutivas sobre forças - representação, adição de forças e efeitos das forças. Cada sequência correspondeu ao conjunto de aulas que a professora considerou serem as necessárias para o desenvolvimento de uma actividade experimental: preparação, desenvolvimento/realização e conclusão.

As observações incidiram sobre duas turmas do 9º ano escolhidas pela professora, compostas por cerca de vinte e cinco alunos. Ambas as turmas tinham, de acordo com a professora, um aproveitamento global fraco na disciplina de Física-Química.

Das cinco aulas observadas só a primeira aula da primeira sequência decorreu no laboratório de Física, tendo as outras decorrido numa sala de aula normal. Isto deveu-se, segundo a professora, à sobrecarga de utilização daquele espaço, apesar de aí decorrerem apenas aulas de Física-Química. O laboratório de pequenas dimensões, com seis bancadas em pedra, apresenta uma estrutura tradicional, comum a todos os laboratórios das antigas escolas técnicas. O equipamento e o material laboratorial é considerado insuficiente por esta professora, pelo que nas suas aulas utilizou sobretudo material simples improvisado por si e por outros colegas da escola, como: elásticos, pionaíses, placas de corticite, folhas de papel branco, alpista, caixa de papel vegetal, etc. Existe uma funcionária que dá apoio ao laboratório de Física.

Estrutura global das actividades experimentais:

Das duas sequências de aulas experimentais observadas, a primeira ocorreu no âmbito do estudo das transferências de energia térmica, sem terem sido trabalhadas previamente noções envolvidas na actividade, enquanto a segunda, que incidiu sobre o estudo das forças, ocorreu depois de já ter sido dada a noção de força.

Globalmente, nas duas sequências, que apresentaram uma rotina semelhante (que envolveu a execução de uma ficha experimental e a interpretação e elaboração de conclusões a partir dos resultados experimentais obtidos), foi possível identificar três fases no seu desenvolvimento: uma fase de preparação, uma fase de realização propriamente dita da actividade e uma fase de conclusão do trabalho desenvolvido.

A fase de preparação incidiu, em ambos os casos, sobre aspectos organizativos do trabalho: distribuição do material e das fichas, organização dos alunos em grupos. No âmbito da primeira sequência, a professora fez, ainda, uma breve introdução teórica em que, a partir de uma situação do dia-a-dia, identificou os factores que influenciavam a variação de temperatura de uma substância. Os alunos responderam a algumas questões que Rosa colocou a propósito da situação em análise.

A fase de realização da actividade experimental decorreu em cerca de uma hora na 1ª sequência e de duas horas e meia na 2ª sequência. Os alunos organizados em grupos de quatro elementos procederam à execução das fichas experimentais, seguindo as instruções definidas pela professora. No primeiro caso, cada grupo realizou uma experiência diferente, de um total de cinco, sendo cada uma delas relativa a um dos factores em estudo. No segundo caso todos os alunos fizeram a mesma experiência. Após a realização de cada experiência ou manipulação do material, os alunos fizeram o registo das observações e a interpretação dos resultados, solicitando frequentemente a ajuda da professora para a clarificação de instruções e de questões constantes das fichas experimentais. No decurso desta actividade, a professora procurou acompanhar o trabalho de todos os grupos, respondendo às suas solicitações.

Na fase de conclusão do trabalho desenvolvido, procedeu-se à interpretação dos resultados experimentais e à elaboração das conclusões que demorou, no primeiro caso, uma hora e, no segundo, cerca de meia hora. Esta análise do trabalho desenvolvido foi feita principalmente pela professora que, tomando como base as observações realizadas, interpretou e concluiu sobre os resultados de cada experiência (embora com alguma participação dos alunos suscitada por questões fechadas que colocou) e elaborou as conclusões gerais de cada actividade.

Natureza do processo:

Pelo que foi dito, as duas sequências apresentaram uma estrutura globalmente semelhante, apesar das turmas e dos temas serem diferentes, e cujo processo de desenvolvimento já se encontrava definido e estruturado à partida. De facto, estas actividades, ao serem centradas na execução de fichas experimentais (que além de indicarem o objectivo do trabalho e a listagem do material necessário, fornecem também instruções relativas ao procedimento experimental, medições e registos a fazer para cada experiência, e questões sobre a interpretação dos resultados obtidos), envolveram essencialmente uma aplicação quase mecânica das receitas fornecidas. Como exemplo,

indicam-se algumas instruções contidas na ficha de apoio à segunda actividade, que se referem à adição de forças:

«4. Substitui a folha que cobre a placa por uma nova folha. Prende novamente o elástico numa das extremidades.

4.1. Na extremidade livre coloca dois dinamómetros, com os quais vais exercer sobre o elástico, simultaneamente, duas forças (F' e F'') perpendiculares entre si, com intensidades à tua escolha e, de tal modo, que provoquem no elástico um alongamento horizontal.

4.2. Regista os valores das forças e do alongamento horizontal do elástico.

alongamento: F' : F'' :

(...)

4.6. A partir das tuas respostas 4.1, 4.2, 4.4 e 4.5 o que poderás concluir da soma das forças»

Neste processo ressaltam como elementos característicos comuns às duas actividades: a experimentação/manipulação dos materiais, o registo das observações ou medições feitas, a interpretação dos resultados experimentais e a elaboração de conclusões.

Rosa assumiu, no decurso do desenvolvimento das actividades, um papel preponderante tanto na sua preparação, como na sua execução e conclusão.

Ao nível da preparação, como se referiu, a professora definiu à partida toda a estrutura das actividades ao elaborar fichas que conduziram e orientaram a acção dos alunos na sua execução e ao seleccionar o material estritamente necessário. Foi também Rosa que, no âmbito da primeira sequência, fez a identificação dos factores que influenciam a transferência de energia térmica, a partir da análise de uma situação do dia-a-dia por si proposta, embora com algum contributo dos alunos que, com base no conhecimento comum que tinham sobre essa situação, procuraram corresponder às solicitações da professora (ou dar as respostas que a professora desejava). A este propósito, e como exemplo, apresenta-se um extracto do diálogo estabelecido:

«Prof. diz: *Então o que fazer agora com as nossas experiências de hoje? Ora quando nós temos corpos a temperaturas diferentes há uma transferência de energia térmica de um para o outro, só que essa transferência depende de vários factores. Passemos para o nosso dia-a-dia: quando nós estamos a aquecer alguma coisa no nosso fogão, imaginem que vocês tinham duas coisas diferentes a aquecer com a mesma chama, com a mesma intensidade de chama, de certeza que é difícil que essas duas substâncias atinjam a mesma temperatura ao mesmo tempo. Então de que é que acham que depende essa variação da temperatura?*

Um aluno: *Depende da massa.*

Prof. repete a resposta do aluno e pergunta: *Mais? Já é um factor para que essa variação de temperatura no mesmo tempo seja diferente. Mais?*

Aluno: *Conteúdo.*

Prof.: *O que é que queres dizer com conteúdo? Queres dizer massa ou queres dizer outra coisa?*

O mesmo aluno refere qualquer coisa relacionada com o conteúdo.

Prof.: *Não é volume, o volume está relacionado com a massa.*

O mesmo aluno refere: *Temperatura natural.*

Prof.: *O que é queres dizer com isso? O que queres dizer com temperatura natural?»*

Outro aluno. *Inicial.*

Professor repete a questão inicial e diz: (...) *Que factores achas que vão influenciar a temperatura final? A massa, diferentes massas, mais? - e continua: Sopas que aquecem mais ou menos facilmente que outras substâncias? Está relacionado com o quê?*

Um aluno: *Densidade.*

Prof.: *Eu não dei densidade.*

Outro aluno: *Constituição - De quê? Como é que é constituído? Qual é a diferença? Que nome é que se dá?*-pergunta a professora a esse aluno.

Aluno: *É o material.*

Prof. repete a resposta do aluno e acrescenta: *O material característico das substâncias é diferente: um metal, se o estiverem a aquecer vai atingir temperaturas diferentes do que se estiverem a aquecer por exemplo cortiça - e continua: Já vimos a quantidade ou massa, o material e mais?*

Ninguém responde.

Prof.: *Vamos lá ver, tenho a mesma quantidade de substância, a mesma substância, o que posso fazer para que essas duas substâncias atinjam temperatura diferente?*

Alguns alunos dão palpites: *A chama, tira-se a tampa de uma panela, ...*

A prof. descreve a situação por várias vezes.

Os alunos dão novamente palpites: *... tira-se a panela.*

Prof.: *Quando se tira a panela o que se está a fazer variar?*

Os alunos dão novamente palpites, mas não dizem o que a professora quer.

A professora acaba por dizer que o que varia é o tempo.

Prof. escreve no quadro: *Factores - massa, material, tempo de "fornecimento" de uma dada quantidade de energia térmica* - os alunos passam para o caderno.

Uma aluna pergunta: *Então o tempo é factor?*-a prof. responde que sim.

A mesma aluna: *É factor de quê?*

Prof.: *Lembrem-se do sumário: faz alterar a transferência de energia térmica»* (Registo de aula (1.03.94)).

Também no decurso da execução das actividades, Rosa assumiu um papel preponderante, tirando dúvidas colocadas pelos diversos grupos de alunos relativamente às instruções das fichas. Este trabalho de acompanhamento traduziu-se na explicitação de instruções relativas ao procedimento experimental ou na sua execução, no caso dos alunos mostrarem dificuldades, bem como em dizer o que vão observar ou as medições a fazer e, ainda, sobretudo no caso da segunda actividade, em ajudar os alunos a elaborar as respostas a questões da ficha relativas à interpretação dos resultados obtidos.

Como ilustração apresentam-se alguns extractos de registos feitos nas duas sequências.

Na primeira sequência:

- «[Num grupo] Prof. faz a montagem do material, explica o procedimento experimental e diz o que vão observar: *A parafina vai derreter mais depressa nuns materiais do que noutros e, dá algumas explicações sobre o sucedido: temos diferentes materiais e vai-lhes ser fornecida a mesma energia térmica...*

(...) [No mesmo grupo] Prof. pede aos alunos para registarem o que observam, diz quais são os materiais (cobre, alumínio, ... vidro) e, descreve a ordem (decrecente) de aquecimento dos materiais (o 1º, o 2º, etc.)» (Registo de aula (1.03.94))

Na segunda sequência:

- «Os grupos manipulam o material de acordo com as instruções e, respondem às questões da ficha.

Prof. circula pelos grupos.

(...) [Num grupo] Prof: *Então como é que se mede o efeito da força?*

Um aluno desse grupo: *Com o dinamómetro.*

Prof.: *Não.*

Outro aluno: *Professora, mede-se assim?* -indica como faria (com a régua faz o gesto de medir o comprimento do elástico esticado).

Prof. acaba por dizer como devem fazer» (Registo de aula (24.04.94))

- «[Num grupo:] Um aluno lê o enunciado numa questão (4.1) da ficha e pergunta à professora como é que aquilo se faz.

Professora faz: utilizando dois dinamómetros aplica duas forças perpendiculares a um elástico, e, pede a um aluno do grupo para medir o comprimento do elástico esticado. Um outro aluno regista os valores das forças dados pelos dinamómetros.

Professora faz também o que é pedido no ponto 4.3.» (Registo de aula 3.05.94))

Relativamente à interpretação dos resultados experimentais e elaboração das conclusões, Rosa assumiu o papel principal. No caso da primeira actividade, tomando como base os valores de temperatura, iniciais e finais, obtidos para cada uma das experiências realizadas: «Exp.1-massas diferentes de água; Exp.2-massa de água = massa de alpista; Exp.3-barras iguais de materiais diferentes (ordem decrescente de variação de temperatura); Exp. 3-uma determinada quantidade de água (registo da temperatura em função do tempo de aquecimento)» (Registo de aula (2.03.94)), a professora procedeu à sua interpretação com alguma ajuda dos alunos, colocando questões fechadas sobre a relação entre as variáveis em jogo em cada uma das experiências, e elaborou uma conclusão sobre o papel de cada um dos factores. Em seguida, fez a conclusão global da actividade, enunciando o princípio fundamental da calorimetria.

No caso da segunda actividade, foi também a professora que fez a interpretação de alguns resultados experimentais introduzindo, então, noções necessárias para fazer essa interpretação. Como exemplo, apresentam-se dois extractos de registos feitos, aquando da análise dos resultados experimentais, respectivamente na primeira e na segunda sequência:

- «Prof. pede ao grupo que ficou com a Exp.2 para dizer os valores da temperatura medida-regista os valores da temperatura inicial e final na tabela, no quadro, e faz os cálculos da variação de temperatura.

Prof. pergunta quem estava com as barras (Exp.3), e, pede para os alunos darem os valores.

Prof. regista no quadro as observações dos alunos: *1º o cobre. 2º o alumínio, ...e 6º o vidro* - e pergunta: *Qual é a conclusão destas duas experiências? Destas 2 experiências pode-se tirar a mesma conclusão: então? Conclusões daqui?*

Prof. pede que alguém do grupo que fez a experiência diga o que se pode concluir e diz: *Reparem aqui substâncias diferentes, reparem o que acontece...»*-Um aluno: *São materiais diferentes, constituições diferentes.*

Prof.: *Não chega, está incompleto! Quero conclusões, conclusões gerais! Já estou a dar uma "dica", é que a conclusão desta experiência é a mesma que desta.*

Outro aluno: *Ponto de ebulição.*

Prof.: *Ponto de ebulição!? Então aqui nas barras, não tem nada a ver com pontos! - e diz: Qual é aqui a variável? O que está aqui a variar? O que é nós fizemos aqui variar? - alguns alunos dizem os materiais.*

Prof.: *Materiais; o que é aconteceu pelo facto do material ser diferente?*

Um aluno: *Têm reacções diferentes.*

Prof.: *Que reacções?*

Aluno: *Resistência à temperatura.*

Prof.: *Como é que vê essa resistência à temperatura, como? Qual é grandeza? É a ...?- um aluno diz: Água.*

Prof. responde: *Variação de temperatura.*

Prof. repete a pergunta anterior: *Como é que tu vês a tal resistência à temperatura?*- e, responde: *Através de maior ou menor variação de temperatura.*

Prof.pergunta: *Então que conclusão é que podemos tirar daqui?*-responde: *Substâncias diferentes mesmo quando sujeitas à mesma quantidade de energia térmica, vejam que aquecerem durante o mesmo tempo, sofreram variações de temperaturas diferentes, está bem?*-escreve no quadro esta conclusão; os alunos passam para o caderno.

(...)

Prof.: *Ora bem! Então vamos lá ver! Reparem que temos aqui a massa, o tipo de material que é diferente e a quantidade de energia térmica que se fornece; então reparam que o calor, troca de energia térmica depende de vários factores, massa, material e quantidade de energia térmica fornecida. Há uma expressão, expressão principal no estudo do calor, calorimetria, que reúne todos estes factores - escreve no quadro: $Q = m c \Delta t$ e, diz o que representa cada letra: m é a massa; c está um dos factores; c é uma constante que traduz uma propriedade de cada substância, isto é, é uma constante que é diferente de substância para substância, não há uma substância diferente com o mesmo valor e dá-se o nome de capacidade calorífica, é própria de cada sustância.» (Registo de aula (2.03.94))*

- «Prof. : *Vocês exerceram duas forças perpendiculares sobre o elástico, registaram o alongamento (pontos 4.1 e 4.2 da ficha) e a seguir provocaram o mesmo alongamento no elástico só que utilizando uma só força (4.3); quer dizer se o efeito é o mesmo essa tal força devia ser a soma destas duas; se provocaram o mesmo alongamento, então é como se fosse a soma das duas, e pergunta: Quanto é que deu?*

Um aluno diz o valor obtido. Prof. diz: *Agora reparam, o que quer dizer que duas forças que têm direcções perpendiculares a sua soma não é igual à soma algébrica; se fosse, quanto é que deveria dar esta resultante?*

Prof. continua: *Então como é que se calcula? De certeza, já agora, em todos os grupos isto não aconteceu, em nenhum grupo essa tal força deu um valor igual à soma destas duas. Então como é que se faz?*

Prof. diz: *Tem que se usar o célebre Teorema de Pitágoras: quem é que sabe?*

Alguns alunos em coro dizem o teorema.

Prof. desenha um triângulo rectângulo no quadro e chama a atenção que a força resultante é a hipotenusa e as forças componentes são os catetos.

Tocou para a saída, os alunos levantam-se e a prof. pede aos alunos para esperarem.

Prof. continua: *Quando duas forças são perpendiculares é pelo Teorema de Pitágoras.*

Prof. diz como se utilizaria o teorema para calcular a hipotenusa, a resultante das forças.» (Registo de aula (3.05.94))

Decorre da análise feita que os alunos centraram a sua acção na execução das fichas experimentais, tendo-se limitado, nas restantes fases de desenvolvimento das actividades, a responder às questões que a professora colocou e a registar no caderno o que se ia escrevendo no quadro.

No decurso da execução das fichas experimentais, os alunos, organizados em grupos, realizaram as experiências/manipulações, fizeram o registo das observações e/ou medições e a interpretação dos resultados obtidos, de acordo com as instruções dadas. Constatou-se, no entanto, que, mesmo neste âmbito, existia uma dependência extrema dos alunos em relação à professora, como se evidencia nos extractos anteriormente apresentados. Esta dependência foi notória em todas as aulas observadas, mas assumiu especial destaque no caso da segunda actividade, em que os alunos constantemente solicitaram a ajuda de Rosa, relativamente a todas as etapas do procedimento experimental, apesar das instruções

precisas que eram fornecidas na ficha. Frequentes vezes esperaram que a professora fosse falar com eles, para começarem a fazer o que lhes era pedido. Como exemplo, apresentam-se dois extractos do registo feito no decurso da execução da segunda actividade:

-«Os alunos dos vários grupos pedem à prof. para dizer o que significam determinadas questões/instruções da ficha- enquanto esperam que professora chegue ao seu grupo para tirar as dúvidas que têm, os alunos brincam com os elásticos, com os dinamómetros, etc.» (Registo de aula (24.04.94))

- «Professora diz para um aluno de cada grupo ir buscar o tabuleiro com o material necessário e, vai para junto de um dos grupos.

Os outros grupos conversam e brincam com o material (parecem estar à espera da professora).

Professora vai dar apoio a outro grupo - os outros grupos continuam a brincar.

Professora chama a atenção da turma de que só faltam três minutos para acabarem o trabalho (o tempo previsto inicialmente foi ultrapassado; já decorreram quase 30 minutos de aula).

Os alunos de um grupo (A) que ainda não começou a trabalhar, comenta: *3 minutos!?! Mas a professora ainda não veio cá!*

Professora ignora este comentário e vai junto de um outro grupo que também tem estado a brincar.

Os alunos daquele grupo (A) protestam porque a professora ainda não foi falar com eles» (Registo de aula (3.05.94)).

A participação dos alunos surgiu, assim, fortemente dependente da acção da professora nas três fases de desenvolvimento das actividades, o que nos leva a questionar se esta dependência não se deverá, por um lado, à própria estrutura destas, definida pelas instruções das fichas experimentais fornecidas, e consequente condicionamento da acção dos alunos e, por outro lado, à falta de contextualização das duas actividades.

A plausibilidade desta última hipótese é corroborada pelo facto de não se ter constatado, nomeadamente no caso da segunda actividade, uma explicitação dos fins das experiências a realizar e a sua articulação com os procedimentos a adoptar, bem como a sua articulação com o trabalho anteriormente desenvolvido e, ainda, a problematização conceptual das situações em estudo. Acresce ainda que, no caso da primeira actividade, apesar de ter ocorrido uma certa contextualização inicial por via da identificação prévia das variáveis em jogo na situação em estudo, os alunos denotaram dificuldades na análise das relações entre essas variáveis. Elas tornaram-se evidentes através das respostas dadas às questões que a professora colocou a este propósito, o que parece indiciar uma falta de compreensão e de apropriação das noções envolvidas, bem como dos objectivos das experiências realizadas.

Papel das actividades experimentais:

Na primeira actividade, Rosa ao propor a realização de experiências que punham em evidência cada um dos factores que influenciam a transferência de energia térmica, previamente identificados, e ao partir dessa identificação para concluir sobre o princípio fundamental da calorimetria e a definição de capacidade calorífica de uma substância, parece estar atribuir a esta actividade o papel de: 1) ilustração ou verificação do que foi

dito previamente; 2) obtenção de dados a partir dos quais se inferem relações e se procede a generalizações, no caso, o princípio fundamental da calorimetria.

A segunda actividade, que envolveu a representação vectorial de forças aplicadas num elástico e a adição de forças perpendiculares, depois de ter sido dada, em aulas anteriores, a noção força como grandeza vectorial, indícia como objectivos fundamentais: aprofundar os saberes dos alunos sobre a representação de forças e, na segunda parte, a "descoberta" do processo de adição daquelas forças. Também aqui parece estar pressuposto que as relações entre os dados emergem naturalmente da sua análise, sem que ocorra uma problematização e uma reflexão crítica desses dados à luz de um quadro teórico de referência.

Deste modo, parece poder afirmar-se que estas actividades desempenharam, sobretudo, uma função de ensino dos conteúdos científicos envolvidos.

Em síntese, decorrem da descrição e análise feita dos dados de observação de cinco aulas alguns aspectos caracterizadores das práticas desta professora em sala de aula e que envolvem a realização de trabalho experimental.

Por um lado, as actividades experimentais, estruturadas e definidas previamente a partir das fichas de trabalho, envolveram uma sequência de etapas realizadas segundo uma determinada ordem: experimentação/manipulação dos materiais e registo das observações e medições feitas, seguida da interpretação dos resultados e elaboração das conclusões. Deste modo, pode dizer-se que o processo de desenvolvimento destas actividades se caracteriza por ter uma natureza estática e linear, com uma estrutura sequencial de etapas hierarquicamente organizadas. Como elementos característicos comuns ressaltam a experimentação e observação com fontes de dados para a inferência de conclusões.

Por outro lado, Rosa, ao assumir um papel de quase completo controlo sobre todas as fases de desenvolvimento das actividades, desde a sua definição e preparação até à sua realização e conclusão, condicionou a acção dos alunos a uma execução quase mecânica das instruções por si fornecidas. A participação dos alunos surgiu, assim, extremamente dependente das indicações e orientações dadas por Rosa, bem como das suas solicitações, não se tendo observado a criação de um ambiente de liberdade e de responsabilidade, em que os alunos interagissem na problematização das situações em estudo, na escolha e realização dos procedimentos experimentais, bem como na reflexão crítica dos dados obtidos.

Por último, Rosa parece atribuir às actividades experimentais sobretudo um papel de ilustração ou verificação e de "descoberta" dos conteúdos de ensino, no pressuposto de que a partir da análise de dados obtidos por experimentação e observação se evidenciam relações, com base nas quais se inferem princípios, leis e conceitos. Assim, as actividades experimentais parecem desempenhar para Rosa, sobretudo, uma função de ensino dos conteúdos científicos e menos uma função formativa.

CONCLUSÃO

Esta terceira parte centrou-se na análise e interpretação dos dados com vista à compreensão das perspectivas epistemológicas dos professores sobre a ciência e perspectivas sobre o trabalho experimental no âmbito da educação em ciência e sobre a caracterização das suas práticas em sala de aula relativas à realização de trabalho experimental.

Assim, incluiu-se, num primeiro capítulo, uma revisão de literatura de investigação sobre esta problemática. Depois de se descrever, num segundo capítulo, o plano metodológico seguido no presente trabalho de investigação, apresentaram-se no terceiro capítulo a análise e interpretação dos dados, recolhidos através de entrevistas e de observação de aulas de cada um dos professores participantes.

Não se pretendendo sintetizar nesta conclusão tudo o que foi dito anteriormente, importa contudo, tendo em conta os objectivos da presente investigação e o quadro teórico de referência desenvolvido ao longo das três partes que constituem este trabalho, destacar alguns aspectos que ponham em evidência as perspectivas predominantes em relação à ciência e ao trabalho experimental, bem como as suas semelhanças e diferenças.

A fim de facilitar a leitura das principais tendências, semelhanças e diferenças entre as perspectivas e as práticas dos cinco professores participantes, sintetizaram-se num quadro (Quadro V), a seguir apresentado, as perspectivas epistemológicas sobre ciência de cada um dos professores (António, Catarina, Leonor, Maria e Rosa), bem como as suas representações pedagógicas de trabalho experimental e elementos caracterizadores das suas práticas em sala de aula.

A partir da análise deste quadro far-se-ão ressaltar, em primeiro lugar, as representações de ciência predominantes, procedendo-se em seguida, simultaneamente, a uma análise das representações pedagógicas de trabalho experimental que os professores privilegiam e a uma exploração das possíveis relações entre estas representações e as perspectivas epistemológicas que sustentam relativamente à ciência. Por último, destacar-se-ão as características principais das práticas de trabalho experimental dos professores, identificando as semelhanças e diferenças e explorando as possíveis relações entre estas práticas e as representações pessoais de ciência e de trabalho experimental.

	Representações de Ciência	Representações pedagógicas de Trabalho Experimental(TE)	Práticas em Sala de Aula
A n t ó n i o	<p>.Ciência tem um carácter formal, matemático e experimental;</p> <p>.A especificidade da ciência reside no método científico; um método universal, indutivo;</p> <p>.O conhecimento científico é objectivo e certo; é uma tradução matemática da realidade, assente em dados objectivos, verificados e provados, a relatividade e falibilidade do conhecimento deve-se ao facto da ciência evoluir.</p> <p>.Actividade científica é racional e objectiva; utiliza o método científico para fazer emergir os factos a partir dos quais se induzem e se validam as teorias científicas; não intervêm processos de criação e de invenção; a observação e experimentação são as etapas principais deste processo;</p> <p>.Os factos são os pilares fundamentais das explicações científicas e da evolução da ciência; a evolução do conhecimento científico tem um carácter cumulativo e continuísta.</p>	<p>.TE: actividade realizada pelos alunos, de aplicação de instruções fornecidas pelo professor;</p> <p>.TE deve, em termos ideais, reflectir as características do trabalho científico -usar o método científico;</p> <p>.Principais elementos estruturantes: experimentação, recolha e interpretação de resultados;</p> <p>.Funções essenciais: recolher dados que ponham em evidência conceitos e leis;</p> <p>Valores educativos: motivar, desenvolver a auto-confiança e reforçar a aprendizagem; desenvolver as capacidades crítica e de problematização das situações e de capacidades laboratoriais e técnicas básicas.</p>	<p>.Actividades experimentais com estrutura bem definida: definição operacional e formal de noções envolvidas; execução de fichas experimentais com instruções relativas ao procedimento experimental e tratamento dos dados; análise dos resultados em termos técnicos e operatórios;</p> <p>.Processo com natureza estática; estrutura sequencial de etapas bem definidas e hierarquizadas; principais elementos estruturantes: experimentação; tratamento dos dados experimentais pela manipulação de fórmulas e análise relativa à precisão e apresentação dos resultados;</p> <p>.Papel do professor: controlo quase total sobre todo o processo, desde a sua preparação à sua conclusão;</p> <p>.Papel dos alunos: execução das fichas experimentais com a ajuda do professor; papel essencialmente passivo condicionado pelas solicitações do professor;</p> <p>.Papel das actividades experimentais: demonstração e verificação de noções teóricas; função de ensino e desenvolvimento de capacidades laboratoriais e técnicas básicas; treino na execução de um guião</p>
C a t r i n a	<p>.Ciência é um processo dinâmico de conhecimento que visa a compreensão sistemática e profunda da realidade;</p> <p>.Conhecimento científico é uma tentativa de explicação da realidade; tem uma natureza hipotética e falível e é objectivo;</p> <p>.Objectividade não decorre da objectividade dos factos; corresponde a uma padronização dos seus modelos, por avaliação no seio da comunidade científica da sua pertinência lógica e experimental face ao saber estabelecido; é um conceito relativo;</p> <p>.Ciência evolui por acréscimos no conhecimento existente e por reconstruções a partir da crítica e reformulação dos seus princípios e postulados; progresso da ciência tem simultaneamente um carácter cumulativo e continuísta e um carácter descontínuísta;</p> <p>.A realidade não é exterior e independente dos sujeitos que a percebem, nem do contexto sócio-cultural; requer a actividade criadora e inventiva dos cientistas;</p> <p>.Actividade científica é simultaneamente individual e colectiva; é uma actividade de resolução de problemas teóricos ou práticos;</p> <p>.O(s) método(s) da ciência tem uma estrutura flexível que depende dos problemas; envolvem uma interacção entre a teoria e a observação/experimentação; experimentação serve para infirmar ou confirmar hipóteses.</p>	<p>.TE é uma actividade realizada pelos alunos que não se limita à manipulação de material, nem execução mecânica de instruções definidas pelo professor; é uma actividade de carácter investigativo que envolve a resolução de problemas; deve-se fundamentar nos conhecimentos dos alunos e pressupõe uma reflexão conceptual e processual; é uma actividade cooperativa e autónoma;</p> <p>.Um problema é um objecto de pesquisa e tem uma natureza relativa e subjectiva; deve ser pertinente e ter um grau de dificuldade suficiente;</p> <p>.Processo de investigação experimental envolve a identificação e compreensão do problema, concepção e execução de um plano experimental, e a interpretação, discussão e avaliação crítica dos produtos e dos processos;</p> <p>.Professor selecciona o material e define o problema tendo em conta os alunos;</p> <p>.Te considerado um vector fundamental do processo ensino/aprendizagem das ciências; pode desempenhar uma função de ensino, de aprendizagem e de formação pessoal e social; favorece a construção do conhecimento científico e contribui para desenvolver capacidades e atitudes diversas.</p>	<p>.Actividades de carácter investigativo de resolução de problemas inseridas num determinado contexto conceptual: análise e compreensão do problema; concepção e execução de um plano experimental; avaliação e interpretação de resultados e processos;</p> <p>.Processo pouco estruturado e aberto com algumas orientações gerais; processo de resolução de problemas; não se tratou de um processo linear e sequencial de etapas bem definidas;</p> <p>.Papel do professor: essencialmente orientação e coordenação da actividade dos alunos;</p> <p>.Papel dos alunos: em actividade de grupo, planeiam e executam um plano experimental para resolução de um problema; participam na avaliação e interpretação dos resultados e dos processos;</p> <p>.Papel das actividades experimentais: aprofundar os saberes científicos dos alunos e ampliar o seu campo de aplicação; funções educativas e formativas.</p>

Quadro V

L e o n o r	<p>.Ciência fundamenta-se em factos experimentais verificados e provados exaustivamente;</p> <p>.Na produção do conhecimento científico prevalecem métodos de descoberta de relações entre factos; não há processos de criação e invenção;</p> <p>.O conhecimento científico é objectivo e certo momentaneamente; é relativo e falível por que muda com a evolução da ciência;</p> <p>.Objectividade da ciência decorre da objectividade dos factos;</p> <p>.Ciência evolui porque surgem novos dados; progresso da ciência tem carácter cumulativo e continuista -conhecimento muda por completamento;</p> <p>.Actividade científica faz uso de método científico; sequência de etapas bem definidas que se inicia com a observação; observação e experimentação são as etapas fundamentais.</p>	<p>.TE: actividade de aplicação, pelos alunos, de regras e procedimentos definidos pelo professor;</p> <p>.TE como actividade de carácter investigativo usa etapas do método científico; é também orientada por uma ficha; não envolve estratégias de resolução de problemas na pesquisa de uma solução;</p> <p>.Actividades fechadas; observação e experimentação são os principais elementos estruturantes;</p> <p>.Papel do TE: ilustrar e verificar conteúdos científicos; função de ensino;</p> <p>.Valores educativos: contribuir para a compreensão e memorização dos conteúdos; desenvolver a auto-confiança.</p>	<p>.Actividades experimentais de aplicação de procedimentos definidos previamente (normalmente em ficha), executados pela professora ou pelos alunos, com estrutura bem definida: manipulação do material, registo das observações e elaboração de conclusões (identificação de relações entre os dados observados);</p> <p>.Processo com natureza estática; estrutura sequencial de etapas bem definidas e hierarquizadas; principais elementos estruturantes: experimentação (manipulação dos materiais), observação e análise dos dados;</p> <p>.Papel do professor: controlo quase total sobre todo o processo, desde a sua preparação à sua conclusão;</p> <p>.Papel dos alunos: execução das fichas experimentais com a ajuda da professora; papel essencialmente passivo, condicionado pelas solicitações da professora;</p> <p>.Papel das actividades experimentais: "descoberta" e ilustração/ verificação de noções teóricas; função de ensino dos conteúdos científicos.</p>
M a r j a	<p>.Ciência tem um carácter dinâmico;</p> <p>.Os fundamentos da ciência são os factos observados e experimentados;</p> <p>.A racionalidade principal da ciência é o método científico, em que se baseia a elaboração, validação e evolução do conhecimento científico;</p> <p>.O conhecimento científico como reflexo do real, é objectivo e certo; a objectividade e certeza são relativas face ao tempo e o conhecimento é falível porque a ciência evolui;</p> <p>.Objectividade da ciência decorre da objectividade dos factos;</p> <p>.A evolução da ciência faz-se por acumulação de conhecimentos; tem um carácter cumulativo e continuista;</p> <p>.O método científico é uma sequência de etapas bem definidas e hierarquizadas, que se inicia com a observação;</p> <p>.A realidade é algo que é directamente acessível ao homem.</p>	<p>.TE: actividade que envolve a manipulação de materiais e elaboração das conclusões pelos alunos, de acordo com orientações (guião) dadas pela professora;</p> <p>.TE como actividade investigativa utiliza as etapas do método científico: observação, hipóteses, experimentação, interpretação de resultados e conclusões;</p> <p>.Processo linear, repetitivo e estruturado; experimentação e análise de dados são os principais elementos estruturantes;</p> <p>.Papel do TE: "descobrir", verificar e ilustrar conceitos; função de ensino e de aprendizagem e função formativa;</p> <p>.Valores educativos: promover a aprendizagem de conceitos; desenvolver diversas capacidades (análise, síntese, etc.); desenvolver atitudes de solidariedade e responsabilidade.</p>	<p>.Actividades experimentais de aplicação de procedimentos definidos previamente (normalmente em ficha), executados pelos alunos, com estrutura bem definida: manipulação do material, registo das observações/medições, interpretação de resultados e elaboração de conclusões;</p> <p>.Processo com natureza estática; estrutura sequencial de etapas bem definidas e hierarquizadas; principais elementos estruturantes: experimentação/manipulação dos materiais e observação como fontes de dados para a elaboração das conclusões;</p> <p>.Papel do professor: controlo quase total sobre todo o processo, desde a sua preparação à sua conclusão;</p> <p>.Papel dos alunos: execução das fichas experimentais com a ajuda da professora; participação dependente das solicitações e orientações da professora;</p> <p>.Papel das actividades experimentais: "descoberta" de noções teóricas; função de ensino dos conteúdos científicos.</p>
R o s a	<p>.Objectivo principal da ciência é a descoberta da essência da natureza; está fortemente dependente da tecnologia existente;</p> <p>.A ciência fundamenta-se em factos observados, verificados e provados através do método científico;</p> <p>.A realidade é objectiva, exterior e independente do homem; é também complexa e não é directamente acessível ao sujeito;</p> <p>.Ciência tem um carácter dinâmico, relativo e falível devido ao surgimento de novos factos que põem em causa os conhecimentos anteriores;</p> <p>.Conhecimento científico não é o reflexo do real; é uma interpretação possível com base nos dados disponíveis; é subjectivo; objectividade da ciência=verdade é entendida como a propriedade de algo que corresponde à realidade;</p> <p>.A evolução da ciência tem um carácter cumulativo e continuista;</p> <p>.O método científico é uma sequência de etapas bem definidas e hierarquizadas, que se inicia com a observação; é o garante da cientificidade do conhecimento; observação e experimentação são as etapas fundamentais.</p>	<p>.TE: actividade em que os alunos desempenham o papel de cientistas; consiste na utilização das etapas do método científico (observação, formulação de hipótese, experimentação e conclusões); tem como suporte um guião com orientações relativas às várias etapas;</p> <p>.Processo fortemente estruturado, linear e repetitivo, de execução dos procedimentos prescritos pela professora; etapas fundamentais são a experimentação/manipulação dos materiais e análise dos dados;</p> <p>.Papel do TE: "descobrir conceitos"; função de ensino e de aprendizagem e funções formativas;</p> <p>.Valores educativos: promover a aprendizagem dos conteúdos científicos; interessar os alunos pela disciplina e pela escola; desenvolver a capacidade crítica, autonomia e atitudes de responsabilidade e solidariedade;</p>	<p>.Actividades experimentais de aplicação de procedimentos definidos previamente (normalmente em ficha), executados pelos alunos, com estrutura bem definida: manipulação do material, registo das observações/medições e elaboração de conclusões (identificação de relações entre os resultados obtidos);</p> <p>.Processo com natureza estática; estrutura sequencial de etapas bem definidas e hierarquizadas; principais elementos estruturantes: experimentação (manipulação dos materiais), observação e análise dos dados;</p> <p>.Papel do professor: controlo quase total sobre todo o processo, desde a sua preparação à sua conclusão;</p> <p>.Papel dos alunos: execução das fichas experimentais com a ajuda da professora; participação condicionada pelas solicitações/instruções da professora;</p> <p>.Papel das actividades experimentais: "descoberta" e ilustração/ verificação de noções teóricas; função de ensino dos conteúdos científicos.</p>

Quadro V (cont.)

Representações de ciência

O quadro V evidencia que, se considerarmos as duas posições epistemológicas alternativas sobre a natureza da ciência referenciadas na primeira parte deste estudo, quatro dos professores participantes (António, Leonor, Maria e Rosa) sustentam uma perspectiva epistemológica empirista-indutivista, enquanto Catarina apresenta uma perspectiva tendencialmente construtivista.

Da análise destas perspectivas emergem alguns temas portadores dos sentidos que estes professores atribuem à ciência, ao conhecimento científico e ao seu processo de produção, e que importa assinalar.

Tema A - A ciência fundamenta-se em factos observados, verificados e provados através do método científico.

Este tema emerge das representações de ciência dos professores António, Leonor, Maria e Rosa. Todos eles reconhecem o método científico ou método experimental como o método específico e universal da ciência que, para além de ser uma característica distintiva da ciência de outras formas de conhecimento, é o garante da cientificidade do conhecimento que se produz por seu intermédio. Apesar das singularidades encontradas, para estes professores a origem do conhecimento radica essencialmente na observação e experimentação controlada da própria Natureza, cuja essência se pretende desvendar. Globalmente, a produção do conhecimento científico é olhado como um processo linear e sequencial que permite inferir leis gerais a partir dos dados. O método científico constitui, assim, para estes professores, a racionalidade principal da ciência, em que se baseia a elaboração, validação e evolução do conhecimento científico.

A actividade científica, centrada em processos de descoberta de relações entre os factos observados e experimentados, é concebida fundamentalmente como uma actividade neutra donde parecem estar irradiados os valores e preconceitos do sujeito cognoscente, bem como o contexto sócio-cultural em que ocorre, e onde não são valorizados os processos de criação e de invenção na multiplicidade de caminhos para a de resolução dos problemas que se colocam na produção do conhecimento científico.

Tema B - A ciência é essencialmente uma construção pessoal e social

Este tema emerge das representações de ciência da professora Catarina. Considerando a realidade, enquanto objecto de estudo da ciência, como algo que não é exterior e independente dos sujeitos que a percebem, destaca a importância do contexto conceptual e cultural, bem como a actividade criadora e inventiva dos cientistas na tentativa da sua explicação. A actividade científica é por si perspectivada fundamentalmente como uma actividade humana, simultaneamente individual e social, de resolução de problemas de cariz teórico ou prático, que recorre a métodos múltiplos de acordo com a natureza do problema. Rejeitando a ideia da existência de um método

único e universal da ciência, como uma sequência de etapas hierarquicamente organizadas, considera que o(s) método(s) da ciência apresenta(m) uma estrutura flexível e envolve(m) uma interação entre a teoria e a observação/experimentação na resolução dos problemas que se colocam no processo de construção do conhecimento científico.

Tema C - A ciência é um processo dinâmico de conhecimento

O carácter dinâmico da ciência é realçado por todos os professores como um atributo da ciência, embora se constate haver diferenças nos sentidos que se lhe atribuem.

Assim, enquanto para António, Leonor, Maria e Rosa esta característica se identifica com o reconhecimento de que a ciência está constantemente a evoluir devido ao surgimento de novos factos, decorrentes de processos de observação e experimentação cada vez mais aperfeiçoados, ideia que é perfilhada pelas perspectivas empiristas-indutivistas, para Catarina está sobretudo associada à natureza de tentativa e ao carácter construído do conhecimento científico.

Segundo Popper¹⁰⁶, diríamos que para aqueles quatro professores o progresso da ciência é encarado fundamentalmente como um processo repetitivo e cumulativo, em que a evolução do conhecimento se deve a uma acumulação de verdades, estabelecidas com base em factos cada vez mais sofisticados e especializados, que ampliarão o grau de generalidade e o domínio de aplicação das teorias estabelecidas por processos indutivos.

Catarina, pelo contrário, parece reconhecer a complexidade do processo de evolução da ciência, atribuindo-lhe simultaneamente um carácter cumulativo e continuista e um carácter descontinuista. Na sua perspectiva, o conhecimento científico evolui quer por acréscimos devidos à acumulação de factos derivados da observação/experimentação, quer por reconstrução do conhecimento existente a partir da crítica e reformulação dos seus princípios e postulados, devido ao surgimento de novos factos ou por reflexões teóricas que provocam rupturas no conhecimento anterior. Neste sentido, parece plausível considerar que Catarina sustenta uma perspectiva do progresso da ciência próxima da perspectiva kuhniana¹⁰⁷.

Tema D - O conhecimento científico é objectivo, relativo e falível

A natureza objectiva do conhecimento científico é destacada por todos os professores participantes, embora por razões diversas e atribuindo ao conceito de objectividade significados diferentes.

A ideia de objectividade, que se confunde com a ideia de certeza e de verdade, como a propriedade de algo que corresponde à realidade, é partilhada pelo grupo de quatro professores, que sustentam perspectivas epistemológicas empiristas-indutivistas. Assim, o conhecimento científico concebido preferencialmente como um reflexo da realidade,

¹⁰⁶ . O pensamento de Popper e as críticas que faz às perspectivas empiristas-indutivistas sobre o progresso da ciência foram referidos no capítulo um, ponto 3.1. da primeira parte.

¹⁰⁷ . A perspectiva de Kuhn sobre o progresso da ciência foi analisada no capítulo um, ponto 3.1. da primeira parte.

Conclusão

em que as suas teorias e proposições correspondem à enunciação de factos objectivos, isentos de valores, verificados e provados em condições experimentais idênticas por diferentes pessoas, é considerado por António, Leonor e Maria como objectivo, verdadeiro e certo. A objectividade do conhecimento científico decorre, assim, para estes professores, da objectividade dos factos.

Rosa, embora partilhe destas ideias, curiosamente tende a considerar o conhecimento científico como subjectivo. Por um lado, argumenta que não se pode afirmar num determinado momento se uma teoria é verdadeira ou falsa, dado que reconhece as dificuldades, colocadas sobretudo pela tecnologia existente, em aceder à essência de uma realidade objectiva mas não directamente acessível ao sujeito cognoscente. Por outro lado, porque admite que a escolha dos meios de experimentação depende da sensibilidade do cientista. São também estes argumentos que utiliza para afirmar que o conhecimento científico é falível e relativo. Esta postura de Rosa denota um certo conflito nas suas ideias sobre a ciência, que se manifesta na dificuldade em conciliar uma ideia da ciência baseada, essencialmente, em factos extraídos de uma realidade objectiva com o reconhecimento do seu carácter não-dogmático, que associa à incerteza inerente ao conhecimento científico por via dos obstáculos que se colocam em aceder à essência dessa realidade.

António, Leonor e Maria também denotam, de algum modo, a existência deste conflito, que contornam afirmando que, dada a mutação constante do conhecimento científico, os atributos de objectividade e de certeza são momentâneos, relativos face ao tempo. De igual modo, face a esta mutabilidade constante do conhecimento científico devido ao surgimento de novos dados, consideram que ele é relativo e falível.

De modo diferente, Catarina, rejeitando a ideia da objectividade da ciência se basear na objectividade dos factos, parece interpretar preferencialmente a objectividade como um atributo do conhecimento que decorre da avaliação, pela comunidade científica, da pertinência lógica e experimental dos modelos propostos face ao saber estabelecido. Sem menosprezar a importância da verificação e testagem experimental dos modelos científicos e soluções propostas em condições experimentais idênticas por diferentes pessoas, destaca o papel da comunidade científica na avaliação e discussão crítica das leituras feitas com vista a estabelecer por consenso uma leitura comum de uma dada realidade, que por essa razão pode ser considerada objectiva. A natureza hipotética, relativa e falível do conhecimento decorre do facto de considerar que o conhecimento científico é uma construção do homem na tentativa de explicar uma determinada realidade face aos problemas de natureza diversa que se vão colocando. Deste modo, Catarina parece adoptar uma perspectiva sobre a objectividade e sobre a natureza do conhecimento científico que se aproxima da que é defendida pela epistemologia construtivista contemporânea.

Tema E - A observação e a experimentação são etapas fundamentais da actividade científica

A importância da observação e experimentação na actividade científica é destacada por todos os professores, embora os papéis que António, Leonor, Maria e Rosa lhes atribuem se distingam daqueles que são referidos por Catarina. Adoptando uma perspectiva empirista-indutivista, estes professores atribuem um papel de realce à experimentação, assim como à observação, no caminho para a descoberta da verdade, (daquilo que a Natureza esconde), ao permitir que o cientista aceda aos factos e à sua certificação com vista à sua ordenação, o mais perfeita possível. A observação de um fenómeno é encarada como o ponto de partida da actividade científica, com base na qual se formulam as hipóteses e se desencadeia todo o trabalho científico. A experimentação é considerada como a etapa sem a qual não haveria actividade científica e a ciência seria pura especulação.

Com uma posição algo diversa, Catarina rejeita a ideia de que a observação e experimentação sejam os elementos estruturantes da actividade científica, sem deixar de reconhecer que desempenham um papel importante quer no desencadeamento de problemas, quer como meio de testagem das hipóteses de resolução desses problemas com vista à sua confirmação ou infirmação. A observação e experimentação não são por si consideradas como meios de obtenção de dados para a inferência de generalizações, mas sobretudo como meios de testagem das teorias científicas e de aprofundamento do conhecimento dos fenómenos. A teorização precede quase sempre a observação e a experimentação.

Representações pedagógicas de trabalho experimental e as perspectivas epistemológicas sobre a ciência

O quadro V evidencia que o trabalho experimental não é igualmente interpretado por todos os professores. Destaca-se uma concepção dominante, partilhada por António, Leonor, Maria e Rosa, em que o trabalho experimental é perspectivado fundamentalmente como uma actividade que envolve a aplicação, pelos alunos, de regras e procedimentos definidos previamente, que se distingue da concepção perfilhada por Catarina.

O trabalho experimental que, na perspectiva daqueles quatro professores, pressupõe um certo grau de liberdade na acção dos alunos, incidiria sobre a realização de experiências/manipulação dos materiais e a consequente recolha e análise dos dados com vista à elaboração de conclusões pelos alunos, mas de acordo com as instruções fornecidas pelo professor através de um guião.

Por outro lado, para António, Leonor, Maria e Rosa o trabalho experimental como actividade de carácter investigativo deve reflectir as características do trabalho científico e, portanto, de acordo com as suas perspectivas epistemológicas relativas ao processo de produção do conhecimento científico (Tema A), deve processar-se de acordo com o

método científico. Apesar das singularidades encontradas, uma actividade de carácter investigativo envolveria os alunos no estudo de um fenómeno seguindo as etapas do método científico, a partir da descrição do fenómeno, do material disponibilizado e de outras orientações relativamente aos procedimentos a adoptar fornecidas pelo professor.

Estes professores, ao interpretarem globalmente o trabalho experimental como uma actividade estruturada a partir de um guião com orientações relativas a todas as etapas do processo, e tendo em conta as dimensões de análise propostas por Cachapuz (1989a) relativamente ao grau de abertura e nível de envolvimento dos alunos, concebem a actividade com um pequeno grau de abertura, em que o professor assume a iniciativa do planeamento, o princípio da análise de dados e a sua exploração. Nestas circunstâncias, aos alunos é reservado, sobretudo, um de papel de técnicos na execução de instruções explícitas, como salienta Lunetta (1990). Além disso, seguindo Robardet e Guillaud (1994), o processo de desenvolvimento do trabalho experimental parece ser predominantemente concebido por estes professores como um processo estruturado e repetitivo em que o contexto, o material e as manipulações efectuadas são escolhidas e organizadas tendo como função essencial pôr em evidência o conceito ou a lei.

Ainda, em consonância com as suas perspectivas epistemológicas (Temas A e E), António, Leonor, Maria e Rosa encaram a experimentação e a observação como os elementos estruturantes do trabalho experimental, enquanto meios de obtenção de dados a partir dos quais se inferem conclusões que ilustrem ou corroborem um dado conteúdo científico ou que permitam a sua descoberta.

Ao trabalho experimental, assim interpretado, é reservado essencialmente um papel de suporte do desenvolvimento teórico, centrado na ilustração, verificação ou descoberta da “teoria”, como salienta Woolnough e Allsop (1985). Assim, António, Maria e Rosa, para quem o trabalho experimental surge sempre associado ao ensino de um determinado conteúdo científico, parecem privilegiar um papel de “descoberta” de conceitos, na medida em que consideram que a partir dos resultados experimentais os alunos elaboram as conclusões e podem então “chegar a determinados conceitos” (expressão usada por Maria), ou extrair informações que o professor “quer passar aos alunos” (expressão usada por Rosa), e, ainda, um papel de ilustração/verificação de conceitos. Para Leonor, a ilustração e verificação dos conteúdos científicos surgem como os propósitos fundamentais do trabalho experimental.

À semelhança de outros trabalhos de investigação, referidos nomeadamente por Woolnough e Allsop (1985) e Hodson (1993), estes quatro professores destacam valores educativos do trabalho experimental relacionados com factores motivacionais, com o desenvolvimento de capacidades laboratoriais e técnicas básicas, mas, sobretudo, com a promoção de uma maior compreensão e memorização das noções teóricas. A par destes valores educativos, que se prendem essencialmente com o reconhecimento da sua função de ensino, António, Maria e Rosa referem outros relacionados com uma função formativa, nomeadamente o desenvolvimento de determinadas capacidades, como a

capacidade crítica e de problematização das situações, bem como de atitudes de solidariedade e de responsabilidade.

Com uma representação pedagógica de trabalho experimental bastante diversa destes professores, Catarina concebe globalmente o trabalho experimental como uma actividade de resolução de problemas, perspectiva que é consonante com as suas ideias sobre ciência e a forma como encara o trabalho científico (Tema B).

Para esta professora, o trabalho experimental não se restringe à manipulação de material pelos alunos, nem à aplicação mecânica de instruções procedimentais definidas pelo professor. É uma actividade de carácter investigativo que envolve a resolução de um problema e que só tem sentido e pertinência se fundamentado nos conhecimentos prévios dos alunos e nos seus interesses. Consiste num processo de investigação de um problema de uma forma tão livre quanto possível, que envolve a identificação e compreensão do problema, a concepção e execução de um plano experimental e a interpretação, discussão e avaliação crítica dos produtos e dos processos, abordagem que se aproxima da preconizada por diversos autores¹⁰⁸. É o professor que selecciona o material e define o problema, sozinho ou em conjunto com os alunos.

Reconhece que o problema, como objecto de pesquisa, tem uma natureza relativa e subjectiva; nem todas as questões ou situações propostas pelo professor são um problema para os alunos. Um problema deve ser pertinente, constituir um desafio, mas ao mesmo tempo deve ter um grau de dificuldade suficiente para que o aluno se sinta motivado para o resolver, ideia que é partilhada nomeadamente por Burbules e Linn (1991). Os alunos são encorajados a reflectir e a construir por si próprios um projecto de trabalho e a avaliar criticamente o trabalho desenvolvido.

No processo de ensino e de aprendizagem, o trabalho experimental perspectivado preferencialmente como uma actividade cooperativa e autónoma, desenvolvida com base nos saberes dos alunos e que envolve uma reflexão conceptual e processual, é considerado um vector fundamental (embora não seja o único) a que estão associadas diversas funções, mas sobretudo uma função de aprendizagem e de desenvolvimento dos alunos¹⁰⁹. Deste modo pode favorecer a construção do conhecimento do científico pelos alunos e o desenvolvimento progressivo de diversas capacidades, como a capacidade de resolução de problemas e a capacidade crítica, e de diversas atitudes como a autonomia, a responsabilidade e a solidariedade.

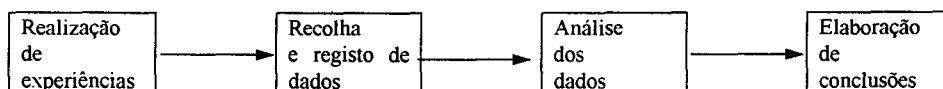
¹⁰⁸ . Sobre a natureza do processo do trabalho experimental concebido com uma actividade de resolução de problemas ver capítulo dois, ponto 1.2.2, da segunda parte.

¹⁰⁹ . Esta pluralidade de funções do trabalho experimental como actividade de resolução é reconhecida por diversos autores como Woolnough e Allsop (1985), Lunetta (1991) e Miguéns (1991). A análise do papel do trabalho experimental na educação em ciência é feita no capítulo dois, ponto 2.2, da segunda parte.

Práticas de trabalho experimental e representações pessoais de ciência e de trabalho experimental

O quadro V evidencia, ainda, que as características das práticas em sala de aula, relativas à realização de trabalho experimental, são globalmente semelhantes para os professores António, Leonor, Maria e Rosa, e diversas das que definem os contornos da prática em sala de aula de Catarina. Estas diferenças que se constatarem nas práticas de trabalho experimental dos cinco professores participantes parecem ser consistentes com as suas representações pedagógicas de trabalho experimental e as suas representações de ciência, onde também se evidenciaram tais semelhanças e diferenças, denotando a existência de uma forte relação entre as perspectivas que sustentam e as suas práticas.

Com efeito, e em consonância com as perspectivas explicitadas sobre trabalho experimental, as actividades que António, Leonor, Maria e Rosa desenvolvem, apesar de se constatarem alguns aspectos distintivos na sua estrutura global, caracterizam-se por envolverem a aplicação pelos alunos de procedimentos definidos previamente pelo professor, através de um guião/ficha, relativos à manipulação dos materiais (experiências) fornecidos, às observações/medições a fazer e à análise dos dados. Trata-se de actividades experimentais fechadas, cujo processo se caracteriza, em todos os casos, por ter uma natureza estática e uma estrutura sequencial de etapas bem definidas e hierarquicamente organizadas, onde sobressaem como elementos estruturantes a experimentação (manipulação dos materiais) e a recolha e análise dos resultados experimentais com vista à elaboração de conclusões. Globalmente, uma sequência de aulas relativas à realização de uma actividade experimental desenvolve-se segundo a seguinte rotina:



Nas aulas de António, a realização das experiências foi antecedida pela revisão ou definição operacional das grandezas envolvidas. Esta lógica de organização das aulas experimentais parece seguir de perto o procedimento normal nas aulas das ciências físicas formalizado por Robardet e Guillaud (1993): o professor parte de uma experiência-protótipo com uma correspondência estrita com o fenómeno a estudar, considerada simultaneamente ilustrativa do fenómeno e fundadora de factos, e organiza-a de modo a que as grandezas pertinentes se encontrem já designadas, de modo a que a lei emerja quase naturalmente do fenómeno.

A ênfase colocada na recolha de dados com vista à inferência de relações (conclusões) que ilustrem ou corroborem a validade dos conteúdos científicos em análise (como aconteceu nas duas actividades realizadas por António e numa das actividades realizadas por Leonor) ou que permitam a sua “descoberta” (como

aconteceu nas duas actividades realizadas por Maria e Rosa e numa realizada por Leonor) parece fundamentar-se no pressuposto epistemológico empirista-indutivista. Tal fundamentação significa que é através da reprodutibilidade dos resultados experimentais e consistência com os factos “observáveis” que as “teorias” são avaliadas e validadas, ou que as estruturas teóricas podem emergir dos dados experimentais por um processo de generalização indutiva, como sublinha Hodson (1985), que denota coerência com as perspectivas epistemológicas sustentadas por estes professores relativamente à ciência (Temas A e E). Além disso, veiculam a ideia de que o conhecimento científico é não-problemático e que traduz a realidade tal como ela é (Tema D).

No decurso das duas sequências de aulas observadas, e consistentemente com as suas representações pedagógicas de trabalho experimental, estes professores atribuíram-se um papel de grande controlo sobre todo o processo de desenvolvimento das actividades, desde a sua concepção, assumindo a iniciativa do planeamento, até à sua conclusão, definindo o princípio da análise dos dados e fazendo a sua exploração. O papel dos alunos ficou, deste modo, restringido à execução das instruções constantes das fichas experimentais. Constatou-se, no entanto, que apesar das instruções das fichas utilizadas por estes quatro professores serem bastante precisas, os seus alunos, independentemente de serem do 9º ou 10º ano, manifestaram dificuldades na sua execução, quer em relação à realização das experiências propostas, quer sobre as grandezas a medir e, sobretudo, em responder às questões que incidiam sobre a interpretação dos resultados e a elaboração de conclusões. Isto foi evidente tanto nas frequentes solicitações de ajuda feitas a cada um dos professores, como no tipo de dúvidas que levantavam e nas respostas dadas a essas questões.

Tomando como referência Hodson (1992a), poder-se-á dizer que não é de estranhar a existência destas dificuldades dos alunos face a este tipo de actividades experimentais. Como salienta este autor, é inserindo-nos num determinado quadro conceptual que sabemos o que observar, onde observar, como reconhecer a observação que queremos fazer, quando rejeitar e repetir observações e como interpretar essas observações. Quer isto dizer que tanto a observação, como a experimentação, bem como todos os outros processos científicos, estão imbuídos de teoria e só têm sentido num determinado contexto teórico. Contexto teórico que no caso de Leonor, Maria e Rosa esteve ausente e que no caso de António se traduziu na definição operacional e formal de algumas grandezas envolvidas, não se tendo evidenciado, contudo, uma compreensão e apropriação desses saberes pelos seus alunos, que lhes permitisse atribuir sentido e pertinência ao trabalho a desenvolver. Acresce ainda que na base destas dificuldades poderá estar a ausência de uma problematização conceptual da situação em estudo, bem como o não esclarecimento, por parte do professor, dos objectivos das experiências a realizar, dos procedimentos a adoptar e da sua articulação, que Cachapuz (1989a) designa por “falta de contexto” na implementação do trabalho experimental.

As práticas em sala de aula destes quatro professores, relativas à realização de trabalho experimental, em que se privilegiam as verificações experimentais (caso de António) e actividades com características próximas das designadas actividades de “descoberta” (caso de Leonor, Maria e Rosa), correspondem às práticas e concepções correntes de trabalho experimental¹¹⁰, cujo papel e valor educativo no processo de ensino e aprendizagem das ciências são questionáveis na perspectiva de vários autores¹¹¹. Tais resultados são consistentes com os obtidos por outros estudos realizados em Portugal e noutros países, nomeadamente em Inglaterra, França e Canadá.

A prática em sala de aula de Catarina, relativa à realização de trabalho experimental, apresenta características bastante diferentes das práticas dos outros quatro professores, e é globalmente consistente com as suas perspectivas epistemológicas sobre a ciência e as suas representações pedagógicas de trabalho experimental.

As actividades experimentais que Catarina desenvolve são actividades de carácter investigativo inseridas num determinado contexto conceptual, que envolvem a resolução de um problema por si proposto. Estruturalmente, estas actividades consistem na análise e compreensão da situação-problemática, a concepção e execução de um plano experimental e a avaliação e interpretação dos resultados obtidos, processo que segue de perto o modelo proposto por vários autores para uma investigação experimental¹¹². Neste processo pouco estruturado, os alunos, em actividade cooperativa e autónoma, assumem a iniciativa da planificação e de selecção das estratégias experimentais para a pesquisa da solução para a situação-problemática proposta e fazem a interpretação dos resultados obtidos, elementos que, segundo Lock (1990), configuram uma actividade investigativa com um grau considerável de abertura e de envolvimento dos alunos. A professora, criando um ambiente de liberdade e de responsabilidade¹¹³, assumiu essencialmente um papel de orientação e de coordenação da actividade dos alunos, estimulando a discussão e o confronto de ideias, quer no seio de cada grupo para a concepção e execução do plano experimental, quer no âmbito da turma para a interpretação e avaliação dos resultados obtidos e das estratégias experimentais seleccionadas. Deste modo, e em consonância com as suas perspectivas epistemológicas (Temas B e E) e as suas representações pedagógicas de trabalho experimental, Catarina criou oportunidades para que os alunos, ao trabalharem com base nos seus saberes, se assumissem como construtores activos do seu conhecimento, comunicando, questionando e explorando factos e ideias, o que pode contribuir, seguindo Hodson

¹¹⁰ . No capítulo dois, ponto 1.1, da segunda parte fez-se uma análise crítica das concepções e práticas correntes de trabalho experimental.

¹¹¹ . Ver a este propósito o ponto 2.2.1, do segundo capítulo da segunda parte.

¹¹² . A natureza do processo de uma investigação experimental, concebida como uma actividade de resolução de problemas, é analisada no ponto 1.2.2, do capítulo dois da segunda parte.

¹¹³ . Um ambiente de liberdade e de responsabilidade é aqui entendido no sentido que lhe é atribuído por Perkinson (1990).

(1992b, 1993), para a aprendizagem da ciência, para a aprendizagem acerca da ciência e a fazer ciência, bem como para o desenvolvimento de outras capacidades e atitudes consideradas importantes para a formação pessoal e social dos alunos.

Pelo que foi dito, pode afirmar-se que há fortes relações entre as perspectivas epistemológicas dos professores sobre a ciência e as suas representações pedagógicas de trabalho experimental, bem como entre estas perspectivas e as suas práticas em sala de aula relativas à realização de trabalho experimental. A existência destas relações tinha já sido, de algum modo, evidenciada por outros estudos de investigação, alguns dos quais referidos no primeiro capítulo da terceira parte deste estudo, e por trabalhos diversos de natureza teórica, de que demos conta no segundo capítulo da segunda parte.

Se atendermos à formação inicial dos cinco professores participantes no presente estudo, não é clara a existência de uma relação entre esta formação e as suas perspectivas epistemológicas sobre a ciência, nem com a forma como concebem e implementam o trabalho experimental nas aulas de Física-Química.

De facto, dos três professores que possuem uma licenciatura de ensino (António, Rosa e Catarina), respectivamente em Física e Química, Química, e em Física, os dois primeiros sustentam uma perspectiva empirista-indutivista e privilegiam trabalho experimental centrado, sobretudo, no professor, como as verificações experimentais e actividades de “descoberta”, enquanto Catarina apresenta uma perspectiva tendencialmente construtivista e interpreta e realiza trabalho experimental como uma actividade de resolução de problemas, centrada sobretudo nos alunos. Os outros dois professores (Leonor e Maria), com uma formação inicial não vocacionada para o ensino, respectivamente com uma licenciatura e um bacharelato na área da Química, perfilham uma perspectiva empirista-indutivista sobre a ciência e privilegiam trabalho experimental centrado sobretudo no professor, como as demonstrações e actividades de “descoberta”.

De igual modo, não se evidenciou existir relação com a experiência profissional dos professores (número de anos de serviço docente) ou com o nível de ensino leccionado¹¹⁴ ou, ainda, com a diversidade de interesses e expectativas inerentes a alunos pertencentes a áreas vocacionais e turmas diferentes (seis turmas observadas) e de condições físicas das três escolas (existência, qualidade e condições de acesso a laboratórios e equipamentos) em que os professores desenvolviam o seu trabalho.

A predominância de trabalho experimental centrado, sobretudo, no professor, em qualquer nível de ensino (3ºciclo do Ensino Básico e Ensino Secundário) e independentemente da formação académica e até da situação profissional (profissionalizado/não-profissionalizado), foi também assinalada por um estudo empírico

¹¹⁴ . Note-se que no presente estudo foram observadas aulas relativas ao 9ºano, no caso de Leonor, Maria e Rosa, e ao 10ºano, no caso de Catarina e António, tendo-se observado neste último caso uma nova organização do sistema de ensino por se encontrar em ano de experimentação da reforma curricular em curso.

desenvolvido em Portugal por Cachapuz *et al.* (1989), junto de professores que leccionam a disciplina de Física-Química.

Apesar dos resultados da presente investigação sugerirem a existência de uma forte congruência entre as representações pessoais destes professores sobre a ciência e as suas representações pedagógicas de trabalho experimental, bem como entre estas e as suas práticas em sala de aula, à semelhança de outros estudos de investigação desenvolvidos nomeadamente por Brickhouse (1989) e Pomeroy (1993a), não se evidencia que esta relação seja linear e tenha uma natureza causal.

Com efeito, se se admite que uma pessoa pode possuir vários sistemas de representações mais ou menos interrelacionados, parece plausível considerar que as representações pedagógicas de trabalho experimental e as práticas que cada professor protagoniza sejam também influenciadas pelas suas representações pessoais sobre a educação, em geral, e a educação em ciência, em particular, nomeadamente no que se refere à forma como interpreta as suas finalidades e como concebe o ensino e a aprendizagem, o seu papel e o papel dos alunos, aspectos que não são especificamente trabalhados no presente estudo.

Além disso, dada a natureza dinâmica e interactiva destas relações e dado que a acção dos professores se desenvolve num determinado contexto social, é natural que, por um lado, ocorram influências mútuas entre os sistemas de representações e entre estes e as práticas profissionais dos professores e, por outro, se gerem influências decorrentes de factores ligados a esse contexto que estimulem ou inibam aquelas relações.

Neste quadro, os sentidos que os professores de ciências atribuem ao trabalho experimental e às suas práticas, no âmbito da educação em ciência, embora sejam influenciados pelas suas representações de ciência, podem ser modelados por uma multiplicidade de outros factores que podem pertencer a diversos domínios de influência: desde os que pertencem ao domínio do próprio professor (como os seus projectos pessoais e profissionais, as suas experiências, conhecimentos e práticas), a cultura da escola, constrangimentos específicos e recursos, até aos relativos ao domínio dos alunos(como os seus interesses e expectativas) e os que pertencem ao domínio do conteúdo disciplinar.

Considerações Finais

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Pretendeu-se com o presente estudo contribuir para a compreensão de como os professores de Física e Química interpretam o trabalho experimental no contexto da educação em ciência.

Com esta finalidade estabeleceram-se como objectivos desta investigação: compreender as representações pedagógicas de trabalho experimental e explorar possíveis relações entre estas representações e as representações pessoais dos professores sobre a ciência, bem como as relações entre estas e as suas práticas em sala de aula relativas a trabalho experimental.

O reconhecimento da relevância da epistemologia da ciência como uma matriz de referência fundamental na perspectiva da educação em ciência, quer ao nível da concepção e desenho curricular, quer enquanto enquadramento geral do processo de conhecimento e do processo de aprendizagem, conduziu a que na primeira parte se fizesse uma reflexão sobre a natureza da ciência, centrada na análise dos seus produtos e dos processos.

Na análise feita evidenciou-se uma tensão filosófica profunda entre as epistemologias empiristas-indutivistas e a epistemologia contemporânea, de cariz construtivista, sobre alguns conceitos essenciais relativos à natureza da ciência. A ruptura epistemológica com as teorias tradicionais protagonizada pelo pensamento epistemológico contemporâneo, onde as perspectivas de Popper e de Kuhn assumem um papel de relevo, traduz-se no desenvolvimento de uma teoria do conhecimento, na qual este deixa de ser o reflexo de uma realidade ontologicamente “objectiva”, para passar a constituir apenas um modo de ordenar e organizar o mundo formado pela nossa experiência, que se processa e se desenvolve pela interacção entre o sujeito e o objecto, onde se entrelaçam uma dimensão pessoal, uma dimensão social e uma dimensão empírica. Por outro lado, faz sobressair que a actividade científica é uma actividade humana de resolução de problemas e que o conhecimento científico tem uma natureza hipotética, conjectural e falível.

A segunda parte incidiu sobre a análise da problemática do trabalho experimental no âmbito da educação em ciência, em que se procurou compreender as possíveis relações entre a epistemologia da ciência e a educação em ciência e, em particular, com o trabalho experimental. Na análise feita evidenciou-se que hoje, como antes, se questiona a eficácia da educação em ciência face às exigências que as sociedades na sua própria evolução colocam, centrando-se a sua crítica nos pressupostos epistemológicos e psicopedagógicos que orientam os desenhos curriculares e que subjazem às concepções e práticas de ensino. Concluiu-se que, no amplo movimento de renovação curricular em curso, a educação em ciência, perspectivada num quadro epistemológico construtivista, em que se privilegia uma abordagem holística da ciência e da sua prática pela interacção

entre os conteúdos e os processos da ciência, surge como uma abordagem que se destaca das perspectivas curriculares anteriores, centradas ora nos conteúdos ora nos processos. Neste contexto, refere-se a necessidade de uma (re)conceptualização do trabalho experimental e uma (re)avaliação do seu papel. Considerado um vector fundamental da educação em ciência, atribui-se um papel de realce ao trabalho experimental, enquanto actividade de natureza investigativa que envolve a resolução de problemas, quer como um fim em si mesmo, ao propiciar o desenvolvimento de capacidades de resolução de problemas e de investigação, quer como uma estratégia de ensino e de aprendizagem, favorecendo a construção de significados dos conceitos teóricos, quer como uma estratégia formativa de desenvolvimento de capacidades e talentos diversos, de ordem cognitiva, afectiva e social.

A terceira parte centrou-se na análise dos dados das entrevistas e observação de aulas de cada um dos cinco professores participantes neste estudo, com vista à compreensão das suas perspectivas sobre a ciência e o trabalho experimental e das suas práticas em sala de aula, relativas à realização de trabalho experimental. As principais conclusões do estudo foram apresentadas na conclusão da terceira parte.

Relativamente a estas conclusões é de salientar a existência de um sentido predominante de trabalho experimental como uma actividade organizada e estruturada pelo professor, em que se supõe que os alunos são observadores neutros e objectivos que, seguindo as regras e os procedimentos prescritos, obtêm dados confiáveis, certos e seguros -"dados científicos"- cuja análise e tratamento conduzirá à interpretação desejada, ao conceito ou lei que se pretende ilustrar, verificar ou descobrir. Esta interpretação privilegiada de trabalho experimental é consistente com a prevalência, entre estes professores, de perspectivas tendencialmente empiristas-indutivistas sobre a ciência e o seu modo de produção.

Face a estes resultados várias questões se levantam e a sua compreensão exige novas linhas de investigação e de intervenção que poderão contribuir para o aprofundamento desta problemática e, deste modo, contribuir para elucidar os processos que podem conduzir à transformação das perspectivas e das práticas dos professores para uma educação em ciência que responda aos desafios que a sociedade coloca em termos da formação dos jovens.

Um primeiro aspecto a salientar prende-se com a necessidade sentida, no decurso do trabalho que realizámos, de aprofundar a compreensão das relações entre as representações e as práticas. Este aprofundamento poderá ser conseguido, nomeadamente, suscitando a reflexão por parte dos professores sobre a sua acção, as suas práticas em sala de aula, vertente metodológica que importa ser explorada dado o valor epistemológico desta reflexão, salientado por Schön (1988)¹¹⁵. Poderá ainda ser conseguido pela análise da influência de diversos factores ligados ao contexto escolar e

¹¹⁵ . Schön (1988) cit. in Alarcão (1991).

institucional. Estes factores parecem influenciar as tomadas de decisão pedagógicas dos professores, bem como as suas perspectivas, nomeadamente sobre o ensino, favorecendo ou inibindo a sua expressão e desenvolvimento e as relações entre os sistemas de representações e estes e as suas práticas. Apesar de, no caso do presente estudo, os sistemas de representações dos professores participantes sobre a ciência e o trabalho experimental serem globalmente consistentes entre si e com as suas práticas em sala de aula, esta hipótese assume pertinência quando se considera que as representações são geradas por cada sujeito através da interacção e comunicação entre o mundo individual e o mundo social e que o conhecimento na acção (conceito introduzido por Schön como um conhecimento que se manifesta no saber-fazer em cada situação) é um conhecimento situado e contextualizado.

Deste modo, parece plausível afirmar que a natureza das relações entre as representações sobre a ciência e as representações pedagógicas de trabalho experimental não são do tipo causa-efeito, assim como não são deste tipo as relações entre estes sistemas de representações e as práticas pedagógicas dos professores. Estas relações parecem ter sobretudo um carácter dinâmico e interactivo, como sugere Pomeroy (1993a). Assim, é possível que a forma como cada professor concebe e implementa o trabalho experimental seja influenciada não apenas pelas suas teorias implícitas acerca da ciência e do seu modo de produção, mas também pelas suas experiências, a sua interpretação do currículo e o modo como lida com os diversos constrangimentos escolares e institucionais.

Um outro aspecto que importa aprofundar tem a ver com as influências mútuas que parecem ocorrer entre as representações e as práticas de ensino, que segundo Pomeroy (1993a), se desenvolvem através da reflexão, a qual pode conduzir à sua reconceptualização ou à sua afirmação. Esta ideia relaciona-se com a noção de “prática reflexiva”, tal como é definida por Argyris e Schön (1974) e Schön (1983). Nos profissionais reflexivos a “conversação” entre as representações e as práticas pode conduzir à testagem, re-avaliação e, se necessário, à reconceptualização em ambos os domínios. Esta “conversação” traduz o que Schön designa por reflexão na acção (que se desencadeia no momento da acção) e reflexão sobre a acção (uma análise retrospectiva) e, ainda, a reflexão sobre a reflexão na acção, componentes que, na perspectiva deste autor, são também essenciais nos programas de formação de professores.

Explorar a pertinência desta hipótese e pesquisar até que ponto ela poderá contribuir para a transformação de perspectivas epistemológicas sobre a ciência e sobre o trabalho experimental e para a melhoria das práticas de ensino, em geral, e das que envolvem a realização de trabalho experimental, em particular, afigura-se como uma importante linha de investigação a desenvolver.

Outra linha de investigação a explorar, relacionada com a anterior, tem a ver com a génese e desenvolvimento das representações pessoais de ciência e, mais concretamente,

com o porquê da predominância de perspectivas empiristas-indutivistas entre os professores de ciências, como atestam vários trabalhos de investigação.

Dentre os vários contextos possíveis geradores destas representações, apontam-se como mais relevantes a própria experiência escolar dos professores enquanto alunos e a ausência nos programas de formação de professores de componentes relativas à história e filosofia da ciência. Aliás, é interessante notar que já em 1979 a “Association for Science Education” (ASE)¹¹⁶ alertava para esta situação num documento em que afirmava que «a maioria dos professores de ciências, que são eles próprios produtos de um sistema de educação em ciência que dá um papel de destaque ao conhecimento científico [enquanto produto acabado] e que subvaloriza a história e filosofia da ciência, partilha com muitos cientistas “práticos” uma limitada compreensão da natureza do conhecimento científico».

A introdução da história e filosofia da ciência como uma componente curricular nos cursos de formação de professores, inicial e em serviço, afigura-se como uma via importante para o enriquecimento das perspectivas dos professores sobre a ciência que ensinam, ao serem criados espaços de reflexão epistemológica que envolva a exploração e problematização das suas representações actuais e o confronto com posições epistemológicas alternativas. Outra via que se afigura importante prosseguir, se se quer contribuir para a modificação dos sentidos que os professores privilegiam em relação ao trabalho experimental e às suas práticas, para além da reflexão epistemológica, parece ser a inclusão, ao nível da formação científica inicial, de uma abordagem investigativa do trabalho experimental que, enfatizando a natureza reflexiva da actividade científica, propicie oportunidades para que os professores desenvolvam a capacidade de fazer ciência, fazendo ciência, ideia que é apoiada por Hodson (1993). A exploração e pesquisa da pertinência destas vias para a modificação e enriquecimento das perspectivas e das práticas de ensino dos professores parece ser também uma vertente investigativa a desenvolver.

Outra linha de investigação a desenvolver surge quando se constata que, dos cinco professores participantes neste estudo, aquele que sustenta uma perspectiva epistemológica não empirista-indutivista, mas tendencialmente construtivista, é uma professora que, tendo como formação inicial uma licenciatura de ensino, tal como alguns dos outros professores, se distingue destes por ter uma maior experiência profissional, e, sobretudo, por ter um percurso de formação mais rico. Um percurso marcado pela frequência de diversas acções de formação, pela orientação de estágios de Física e Química do ramo educacional e de outros programas de formação de professores durante vários anos, pela implementação de experiências pedagógicas e pelo seu envolvimento na gestão escolar, inclusivé como presidente do conselho directivo. Esta constatação sugere a importância que os percursos de formação e profissionais dos

¹¹⁶ . ASE (1979) cit. in Hodson (1986, p.216).

professores podem ter na transformação de perspectivas e de práticas, importando, por isso, compreender de que modo é que as experiências vivenciadas se constituíram como espaços de auto-formação. Revela-se assim como pertinente o desenvolvimento de estudos longitudinais que monitorizem as mudanças nas representações e nas acções dos professores, por via a aceder à compreensão dos seus processos de aprendizagem.

Por último, importa referir que sendo os professores actores actuates e pensantes, dotados de uma intencionalidade, de um saber e de estratégias próprias, que estabelecem com os contextos que vivenciam uma constante e dinâmica interacção, em função das suas histórias pessoais e dos seus projectos, eles são os potenciais construtores da mudança. Deste modo é ilusório e até contraprodutivo pensar que as mudanças curriculares em curso, estabelecidas por decreto de medidas administrativas ou de persuasão, conduzem à mudança das práticas de ensino dos professores. As mudanças não ocorrem de fora para dentro. Exigem também e sobretudo, como sublinha Ambrósio (1991), partir do actor, da sua intencionalidade e do seu comportamento estratégico para a transformação das suas perspectivas, das suas representações e das suas práticas, e a definição e implementação de políticas educativas que criem incentivos e que deixem espaço aos professores para desenvolverem os seus projectos pessoais e profissionais e se afirmarem como agentes de mudança.

Bibliografia

BIBLIOGRAFIA

- ABRIC** (J.-C.)-1989-«L'Étude Expérimentale des Représentations Sociales» in D.Jodelet (org.), *Les Représentations Sociales*, Puf, 187-203.
- AGUIRRE** (J.M.)-1990-«Student-teachers Conceptions of Science, Teaching and Learning: A Case Study in Preservice Education» in *International Journal of Science Education*, 12, 381-390.
- ALARCÃO** (I.)-1991-«Reflexão Crítica sobre o Pensamento de D.Schön e os Programas de Formação de Professores» in *Cadernos CIDINE*, 5-22.
- AMBRÓSIO** (T.)-1991-«Da Tecnologia Social à Investigação Educativa» in S. Stoer (org.), *Educação, Ciências Sociais e Realidade Portuguesa-Uma Abordagem Interdisciplinar*, Porto: Ed. Afrontamento, 187-203.
- ARGYRIS** (C.) e **SCHÖN** (D.)-1974-*Theory in Practice: Increasing Professional Effectiveness*, San Francisco: Jossey - Bass.
- AUSUBEL** (D.P.)-1968-*Educational Psychology: A Cognitive View*, New York: Holt Reinhart Inc.
- BACHELARD** (G.)-1986-*O Novo Espírito Científico*, Lisboa: Ed.70
- BACHELARD** (G.)-1984-*A Epistemologia*, Lisboa: Ed.70
- BARATA** (J.P.) e **AMBRÓSIO** (T.)-1988-Desafios e Limites da Modernização, Lisboa: Instituto de Estudos para o Desenvolvimento.
- BARDIN** (L.)-1991-*Análise de Conteúdo*, Lisboa, Edições 70.
- BENAVENTE** (A.)-1987-«Mudança e Estratégias de Mudança. Notas sobre a Instituição Escolar» in *Revista de Educação*, 1(2), Lisboa: Dep. de Educação F.C.L., 23-26.
- BENTLEY** (D.) e **WATTS** (M.)-1992-*Communicating in School Science-Groups, Tasks and Problem Solving 5-16*, London: The Falmer Press.
- BLANCHET** (A.)-1983-Épistémologie Critique de L'entretien D'enquête de Style Non Directif, in *Bulletin de Psychologie*, Tome XXXVI, n° 358, 187-195.
- BLANCHET** (A.)-1985-*L'Entretien dans les Sciences Sociales*, Paris: Puf.

Bibliografia

- BOUDON (R.)**-1979-*La Logique du Social. Introduction à l'Analyse Sociologique*, Paris: Hachette.
- BRICKHOUSE (N.)**-1989-*Teachers' Content Knowledge about the Nature of Science and its Relationship to Classroom Practice*, Paper presented at the Annual Meeting of the American Educational Research Association, San Francisco (policopiado).
- BRICKHOUSE (N.) e BODNER (G.)**-1992-«The Begining Science Teacher: Classroom Narratives of Convictions and Constraints» in *Journal of Research in Science Teaching*, vol. 29, nº 5, 471-485.
- BROOK (A.); DRIVER (R.); JOHNSTON (K.)**-1989-«Learning Processes in Science: A Classroom Perspective» in J. Wellington (ed.), *Skills and Processes in Science Education*, London: Routledge.
- BURBULES (N.C.) e LINN (M.)**-1991-«Science Education and Philosophy of Science: Congruence or Contradiction?» in *International Journal of Science Education*, vol.13, nº3, 227-241.
- CACHAPUZ et al.**-1989-*O Ensino e a Aprendizagem da Física e Química: Resultados Globais de um Questionário a Professores*, Projecto do INIC (monografia), Aveiro: Univ. de Aveiro.
- CACHAPUZ et al.**-1989_a-«Por um Ensino Relevante da Química: que Papel para o Trabalho Experimental?» in *Boletim da SPQ*, 36, Lisboa: Sociedade Portuguesa de Química, 25-27.
- CACHAPUZ et al.**-1990-«Objectivos do Ensino da Física/Química nos Ensinos Básico e Secundário-Perspectivas dos Professores sobre a sua Relevância» in *Boletim da SPQ*, 39, Lisboa: Sociedade Portuguesa de Química, 11-15.
- CARDOSO (A.C.)**-1993-*A Centralidade do Trabalho Laboratorial nos Novos Programas de Química*, Lisboa: Plátano Editora.
- CAREY (S.) et al.**-1989-«An Experiment is when you try it and see if it works: A Case Study of Grade 7 Students' Understanding of the Construction of Scientific Knowledge» in *International Journal of Science Education*, 11, 514-529.
- CARRILHO (M.)**-1988-«Kuhn e as Revoluções Científicas» in *Colóquio/Ciências, Revista de Cultura Científica*, Lisboa: Fundação Calouste Gulbenkian, nº2, 43-52.

Bibliografia

- CARRILHO** (M.)-1979-«Filosofia, Ciência, Epistemologia» in *História e Prática das Ciências*, col.Filosofia, Lisboa: Regra do Jogo.
- CARVALHO** (A.D.)-1988-*Epistemologia das Ciências da Educação*, Porto: Ed. Afrontamento.
- CAWTHON** (E.R.) e **ROWELL** (J.A.)-1978-«Epistemology and Science Education» in *Studies in Science Education*, 5, 31-59.
- CHARLESWORTH** (M.)-1986-*Science, Non-Science & Pseudo-Science*, National Library of Australia, Deakin University Press.
- CHALMERS** (A.)-1987-*Qu'est-ce que la Science?*, Paris: Éditions La Découverte.
- CHAUCHAT** (H.)-1985-*L'Enquête en Psycho-Sociologie*, Paris: Puf.
- CLARK** (C.) e **PETERSON** (P.)-1986-«Teachers' Thought Processes» in M.C.Wittrock (ed.), *Handbook of Research on Teaching*, (3rd ed.), New York: Macmillan, 255-296.
- COSTA** (A.F.)-1986-«A Pesquisa de Terreno em Sociologia» in J.M.Pinto et A.S.Silva (orgs.), *Metodologia das Ciências Sociais*, Lisboa: Ed.Afrontamento, 127-163.
- CROZIER** (M.) e **FRIEDBERG** (E.)-1977-*L'Acteur et le Système*, Éditions du Seuil.
- DGEBS**-1992-*Programa de Físico-Química para o 3º Ciclo do Ensino Básico*, Lisboa: Direcção-Geral do Ensino Básico e Secundário.
- DGES**-1975-*Circular nº3/75 da Direcção-Geral do Ensino Secundário*, Lisboa: Ministério da Educação e Cultura
- DEVELAY** (M.)-1987-«Propositions pour la Formation Scientifique des Instituteurs», in *Éducation Permanente*, nº90, 83-94.
- DEVEREUX**, (G.)-1980-*L'Angoisse et la Méthode dans les Sciences du Comportement*, Paris: Flammarion.
- DRIVER** (R.)-1983-*The Pupil as a Scientist*, Open University Press.
- DRIVER** (R.) *et al.*-1985- *Children's Ideas in Science*, Open University Press.
- DRIVER** (R.) e **BELL** (B.)-1986-«Students' Thinking and the Learning of Science: a Constructivist View» in *School Science Review*, Mar 86.

Bibliografia

- DRIVER (R.)**-1990-«Constructivism Approaches to Science Teaching», Paper presented at University of Georgia, Mathematics Education Department as a contribution to *Seminar Series "Constructivism in Education"*, April 13, 20 pages.
- DRIVER (R.)**-1989- «The Construction of Scientific Knowledge in School Classrooms», in Robin Millar (Ed.), *Doing Science: Images of Science in Science Education*, Falmer Press, 1-39.
- DUIT (R.)**-1990-«The Constructivistic View: a Both Fashionable and Fruitful Paradigm for Science Education Research and Practice», Paper presented as part of *Seminar Series "Constructivism in Education"*, Athens, April 12, 20 pages.
- DUMON (A.)**-1988-«Quelle(s) Méthode(s) pour L'enseignement Expérimental de la Chimie?» in *Révue Française de Pédagogie*, n°84, 29-38.
- DUPONT (C.)**-1989-«L'Etude des Représentations, un Enjeu pour les Educateurs» in *Les Sciences de l'Education*, n°2, 51-68.
- DUSCHL (R.)**-1994-«Research on the History and Philosophy of Science» in Dorothy Gabel (ed.), *Handbook of Research on Science Teaching and Learning*, A project of the National Science Teachers Association, Macmillan Publishing Company, 443-465.
- DUSCHL (R.) e GITOMER (D.)**-1991-«Epistemological Perspectives on Conceptual Change: Implications for Educational Practice» in *Journal of Research in Science Teaching*, 28(9), 839-858.
- EINSTEIN (A.) e INFELD (L.)**-s/d-*A Evolução da Física*, Col. Vida e Cultura, Lisboa: Ed. Livros do Brasil.
- ELKANA (Y.)**-1970-«Science, Philosophy of Science and Science Teaching» in *Educational Philosophy and Theory*, 2, 15-31.
- ERICKSON (F.)**-1992-«Why the Clinical Trial Doesn't Work as a Metaphor for Educational Research: A Response to Schrag» in *Educational Researcher*, 21(5), 9-11.
- ERICKSON (F.)**-1986-«Qualitative Methods in Research Teaching» in M.C. Wittrock (ed.), *Handbook of Research on Teaching*, (3rd ed.), New York: Macmillan, 119-162.

Bibliografia

- ESTRELA (M.T.)**-1986-«Novos Paradigmas e Velhos Problemas-Reflexões a Propósito da Investigação Educacional», in *Revista Portuguesa de Pedagogia*, nº20, Lisboa, 123-134.
- FEYERABEND (P.K.)**-1979-*Contre la Méthode, Esquisse d'une Théorie Anarchiste de la Connaissance*, Paris: Seuil.
- FINGER (M.)**-1989-*Apprendre une Issue-L'Éducation des Adultes à L'âge de la Transformation de Perspective*, Lausanne: Éditions Loisirs et Pédagogie.
- FOUREZ (G.)**-1992-*La Construction des Sciences*, Bruxelles: De Boek Université.
- FRASER et al.**-1993-«Development and Cross-National Validation of a Laboratory Classroom Environment Instrument for Senior High School Science» in *Science Education*, vol.77, nº1, 1-24.
- GAGO (M.)**-1990-*Manifesto para a Ciência em Portugal*, Lisboa: Gradiva.
- GALLAGHER (J.J.)**-1991-«Prospective and Practicing Secondary Science Teachers' Knowledge and Beliefs about the Philosophy of Science» in *Science Education*, vol.75, nº1, 121-133.
- GARRETT (R.) et al.**-1990-«Turning Exercises into Problems: An Experimental Study with Teachers in Training» in *International Journal of Science Education*, vol.12, nº1, 1-12.
- GARRET (R.)**-1986-«Problem-Solving in Science Education» in *Studies in Science Education*, 13, 70-95.
- GHIGLIONE (R.) e MATALON (B.)**-1978-*Les Enquêtes Sociologiques*, Paris: Armand Collin.
- GIL (F.)**-1979-«História das Ciências e Epistemologia: apresentação do debate Popper-Kuhn» in Manuel M. CARRILHO, *História e Prática das Ciências*, col. Filosofia, Lisboa: Regra do Jogo, 163-182.
- GIORDAN (A.) e VECCHI (G.)**-1987-*Les Origines du Savoir*, Paris: Delachaux & Niestlé.
- GIORDAN (A.) et al.**-1978-*Quelle Éducation pour quelle Société?*, Paris: Puf.
- GIORDAN (A.)**-1978_a-*Une Pédagogie pour les Sciences Experimentales*, Paris: Éditions du Centurion.

Bibliografia

- GLASERSFELD** (E.V.)-1981-«An Introduction to Radical Constructivism» in P.Watzlawick (ed.), *The Invented Reality*, New York: Norton, 17-40.
- GOETZ** (J.P.) e **LeCOMPTE**, (M.D.)-1984-*Etnography and Qualitative Design in Educational Research*, Academic Press, Inc.
- HODSON** (D.)-1993-«Re-thinking Old Ways: Towards a more Critical Approach to Practical Work in School Science» in *Studies in Science Education*, vol. 22, 85-142.
- HODSON** (D.)-1992a-«Assessment of Practical Work-Some Consideration in Philosophy of Science» in *Science & Education*, vol. 1, 115-144.
- HODSON** (D.)-1992b-«Redefining and Reorienting Practical Work in School Science» in *School Science Review*, vol. 73, n°264, 65-78.
- HODSON** (D.)-1992c-«In Search of a meaningful Relationship: An Exploration of some Issues Relating to Integration in Science and Science Education» in *International Journal of Science Education*, vol.14, n°5, 541-562.
- HODSON** (D.)-1990-«A Critical Look at Practical Work in School Science» in *School Science Review*, vol. 70, n° 256, 33-40.
- HODSON** (D.) e **REID** (D.)-1988a-«Changing Priorities in Science Education - Part I» in *School Science Review*, vol. 70, n° 250, 101-108.
- HODSON** (D.) e **REID** (D.)-1988b-«Changing Priorities in Science Education - Part II» in *School Science Review*, vol. 70, n° 251, 159-165.
- HODSON** (D.)-1986a-«Philosophy of Science and Science Education» in *Journal of Philosophy of Education*, 20 (2), 215-225.
- HODSON** (D.)-1986b-«The Nature of Scientific Observation» in *School Science Review*, Sept 86, 17-30.
- HODSON** (D.)-1985-«Philosophy of Science, Science and Science Education» in *Studies in Science Education*, 12, 25-57
- HODSON** (D.)-1982-«Is there a Scientific Method?» in *Educational Chemical*, 19, 112-116.
- HOFSTEIN** (A.) e **LUNETTA** (V.)-1982-«The Role of the Laboratory in Science Teaching: Neglected Aspects of Research» in *Review of Educational Research*, 52(2), 201-217.

- HUSEN** (T)-1986-«Research Paradigms in Education», in J.P.Keeves (ed.), *Educational Research, Methodology and Measurement- An International Handbook*, Pergamon Press, 17-20.
- JENKINS** (E.W.)-1989-«Processes in Science Education: an Historical Perspective» in J.Wellington (ed.), *Skills and Processes in Science Education*, London: Routledge, 21-46.
- JESUINO** (J.C.)-1986-«O Método Experimental em Ciências Sociais» in J.M.Pinto et A.S. Silva (orgs.), *Metodologia das Ciências Sociais*, Porto: Ed.Afrontamento, 214-249.
- JODELET** (D.)-1989- «Représentations Sociales: Un Domaine en Expansion» in D.Jodelet (org.), *Les Représentations Sociales*, Puf, 31-61.
- JORGE** (M.M.)-1991-«Educação em Ciência: Perspectivas Actuais» in T.Oliveira, *Didáctica da Biologia*, Lisboa: Univ.Aberta, 29-41.
- KELLY** (G.) -1963-*A Theory of Personality, the Psychology of Personal Constructs*, New York, The Norton Library.
- KEMPA** (R.)-1988-«Functions of and Approaches to Practical Work in Science» in G.D. Thijs et al (ed.), *Learning Difficulties and Teaching Strategies in Secondary School Science and Mathematics*, Proceedings Regional Conference Botswana, Dec.1987, Amsterdam: Free Univ.Press, 147-162.
- KIRSCHNER** (P.)-1992-«Epistemology, Practical Work and Academic Skills In Science Education» in *Science & Education*, vol.1, nº3, 273-299.
- KOULAUDIS** (V.) e **OGBORN** (J.)-1989-«Philosophy of Science: An Empirical Study of Teachers' Views» in *International Journal of Science Education*, vol.11, nº2, 173-184.
- KREITLER** (H.) e **KREITLER** (S.)-1974-«The Role of Experiment in Science Education» in *Instructional Science*, 3, 75-88.
- KUHN** (T.)-1989-*A Tensão Essencial*, Lisboa: Edições 70.
- KUHN** (T.)-1983-*La Structure des Révolutions Scientifiques*, Paris: Flammarion.
- KUHN** (T.)-1970-«Logic of Discovery of Psychology of Research?» in I. Lakatos et A. Musgrave (ed.), *Criticism and the Growth of Knowledge*, Cambridge Univ.Press, 1-24.

Bibliografia

- LAKATOS (I.) e MUSGRAVE (A.) (ed.)-1970-*Criticism and the Growth of Knowledge*, Cambridge University Press.**
- LAROCHELLE (M.) e DÉSAUTELS (J.)-1992-*Autour de L'idée de Science*, Canada: Les Presses de l'Université Laval.**
- LEDERMAN (N.G.)-1986-«Relating Teaching Behavior and Classroom Climate to Change in Students' Conceptions of the Nature of Science» in *Science Education*, vol.70, n° 1, 3-19.**
- LEDERMAN (N.G.) e ZEIDLER (D.L.)-1987-«Science Teachers' Conceptions of the Nature of Science: Do They Really Influence Teaching Behavior?» in *Science Education*, vol.71, n° 5, 721-734.**
- LEDERMAN (N.G.) e O'MALLEY (M.)-1990-«Students' Perceptions of Tentativeness in Science: Development, Use, and Sources of Change» in *Science Education*, vol.74, n° 2, 225-239.**
- LEFOUR (J.M.)-1992-«Les Pauvres Heures de la Chimie» in *Science & Vie (Hors Serie)*, n°180, 90-96.**
- LEGROUX (J.)-1981-*De l'Information a la Connaissance*, Maurecourt: Mesonance-Alterologie, n°1-IV**
- LERBET (G.)-1981-*Une Nouvelle Voie Personnaliste: Le Système-Personne*, Maurecourt: Mesonance-Alterologie, n°2-IV.**
- LERBET (G.)-1986-*De la Structure au Système-Essai sur l'Évolution des Sciences Humaines*, Ed. Universitaires UNMFREO: Mesonance-Alterologie.**
- LERBET (G.)-1988-*L'Insolite du Développement-Vers une Science de l'Entre-Deux*, Ed. Universitaires UNMFREO: Mesonance-Alterologie.**
- LINDER (C.)-1992-«Is Teacher-Reflected Epistemology a Source of Conceptual Difficulty in Physics?» in *International Journal of Science Education*, vol.14, n°1, 111-121**
- LOCK (R.)-1988-«A History of Practical Work in School Science and its Assessement, 1860-1986» in *School Science Review*, vol.70, 115-119.**
- LOCK (R.)-1990-«Open-Ended, Problem-Solving Investigations-What do we mean and how can we use them?» in *School Science Review*, vol. 71, n°256, 63-72.**

Bibliografia

- LUNETTA (V.)**-1991-«Actividades Práticas no Ensino da Ciência» in *Revista de Educação*, II(1), Lisboa: Departamento de Educação da F.C.L.(trad. J.Marinha), 81-90.
- LUNETTA (V.)**-1990-«Cooperative Learning in Science, Mathematics, and Computer Problem-Solving» in M.Gardner; J.Greeno et al (ed.), *Toward a Scientific Practice of Science Education*, New Jersey: LEA Publishers, 235-251.
- MADUREIRA PINTO (J.) e SILVA (A.S.)** (orgs.)-1986- *Metodologia das Ciências Sociais*, Lisboa: Ed.Afrontamento.
- MARTIN (B.) et al.**-1990-«Authentic Science: A Diversity of Meanings» in *Science Education*, 74(5), 541-554.
- MASTERMAN (M.)**-1970-«The Nature of a Paradigm» in Lakatos (I.) et Musgrave (A.) (Ed.), *Criticism and the Growth of Knowledge*, Cambridge Univ.Press, 59-90.
- MATTHEWS (M.)**-1990-«History, Philosophy and science Teaching: A Rapprochement» in *Studies in Science Education*, 18, 25-51.
- MEIRIEU (P.)**-1990-Apprendre... Oui. Mais Comment, Paris : ESF éditeur.
- MERRIAN (S.)**-1991-*Case Study Research in Education-A Qualitative Approach*, Oxford, Jossey-Bass Pub.
- MIGUÉNS (M.)**-1991-«Actividades Práticas na Educação em Ciência: Que Modalidades?», in *Revista Aprender*, nº14, Portalegre: Escola Superior de Educação de Portalegre.
- MILES (M.B.) e HUBERMAN (M.)**-1984-«Drawing Valid Meaning from Qualitative Data: toward a shared craft» in *Educational Researcher*, 20-30.
- MILLAR (R.)**-1989-«What is “Scientific Method” and can it be taught?» in Jerry Wellington (Ed.), *Skills and Processes in Science Education-A Critical Analysis*, London: Routledge, 47-62.
- MORIN (E.)**-1984-*Sociologia*, Lisboa: Pub. Europa-América.
- MORIN (E.)**-1982-*Ciência com Consciência*, Lisboa: Pub. Europa-América.
- MOSCOVICI (S.)**-1989-«Des Représentations Collectives aux Représentations Sociales: Éléments pour une Histoire» in D.Jodelet (org.), *Les Représentations Sociales*, Puf, 62-86.

Bibliografia

- NERSESSIAN (N.J.)**-1989-«Conceptual Change in Science and in Science Education» in *Synthese*, 80, 163-183.
- NOT (L.)**-1984-*Une Science Spécifique pour l'Éducation*, Toulouse: Univ.Toulouse.
- NÓVOA (A.) e FINGER (M.) (orgs.)**-1988-*O Método (Auto)biográfico e a Formação*, Lisboa: Ministério da Saúde, Departamento de Recursos Humanos da Saúde.
- OGUNNIYI (M.B.)**-1982-«An Analysis of Prospective Science Teachers' Understanding of The Nature of Science» in *Journal of Research in Science Teaching*, Vol.19, nº1, 25-32.
- OSBORNE (R.) e WITTROCK (M.)**-1985-«The Generative Learning Model and its Implications for Science Education» in *Studies in Science Education*, 12, 59-87.
- OSBORNE (R.) e WITTROCK (M.)**-1983-«Learning Science: A Generative Process» in *Science Education*, 4, 489-508.
- OTERO (J.)**-1985-«Assimilation Problems in Traditional Representations of Scientific Knowledge» in *Eur. J. Educ.*, vol.7, nº4, 361-369.
- PAJARES (M.F.)**-1992-«Teachers' Beliefs and Educational Research: Cleaning up a Messy Construct» in *Review of Educational Researcher*, vol.62, nº3, 307-332.
- PATTON (M.Q.)**-1980-*Qualitative Evaluation and Research Methods*, London: Sage.
- PEREZ (G.D.)**-1985-«El Futuro de la Enseñanza de las Ciencias: Algunas Implicaciones de la Investigación Educativa» in *Rev. de Educacion*, nº278, 27-38.
- PEREZ (G.D.)**-1986-*Iniciación a las Ciencias Físico-Químicas en la Enseñanza Media*, vol.1, Valencia: ICE.
- PEREZ (G.D.)**-1992-*Contribucion de la Historia Y Filosofia de las Ciencias a la Transformacion de la Enseñanza de las Ciencias*, Valencia: Universitat de Valencia (policopiado).
- PERKINSON (H.)**-1990-«Educative Environnements» in *Et Cetera* (Summer 90), 132-142 (policopiado).
- PIAGET (J.)**-1981-*Lógica e Conhecimento Científico*, Porto: Liv.Civilização-Editora.

Bibliografia

- PIAGET (J.) e GARCIA (R.)-1987-*Psicogênese e História das Ciências*, Lisboa: Dom Quixote.**
- PIZZINI (E.L.) et al.-1989-«A Rationale for and the Development of a Problem Solving Model of Instruction in Science Education» in *Science Education*, Vol. 73, nº5, 523-534.**
- POMEROY (D.)-1993-«Implications of Teachers' Beliefs about the Nature of Science: Comparison of the Beliefs of Scientists, Secondary Science Teachers, and Elementary Teachers» in *Science Education*, vol.77, nº3, 261-278.**
- POMEROY (D.)-1993a-*Belief into Practice: An Exploration of Linkage between Elementary Teachers' Beliefs about the Nature of Science and their Classroom Practices*, A Thesis presented to the Faculty of the Graduate School of Education of Harvard University in Partial Fulfillment of the Requirements for the Degree of doctor of Education,USA, U.M.I.**
- POPE (M.) e Gilbert (J.)-1983-«Personal Experience and the Construction of Knowledge in Science» in *Science Education*, vol.67, nº 2,193-203.**
- POPPER (K.)-1992-*Em Busca de um Mundo Melhor*, Lisboa: Ed.Fragmentos.**
- POPPER (K.)-1991-*Sociedade Aberta, Universo Aberto*, Lisboa: Pub.D.Quixote.**
- POPPER (K.)-1988-*O Universo Aberto*, Lisboa, Col.Opus, Pub.D.Quixote.**
- POPPER (K.)-1987-*O Realismo e o Objectivo da Ciência*, Lisboa, Col.Opus, Pub.D.Quixote.**
- POPPER (K.)-1982-*Conjecturas e Refutações*, Brasília: Univ. de Brasília.**
- POPPER (K.)-1975-*Conhecimento Objetivo: Uma Abordagem Evolucionária*, S.Paulo: Ed. Univ. S.Paulo.**
- POPPER (K.)-1974-*A Lógica da Pesquisa Científica*, S.Paulo: Ed. Cultrix Ltda.**
- POPPER (K.)-1970-«Normal Science and its Dangers» in I.Lakatos e A. Musgrave (ed.), *Criticism and the Growth of Knowledge*, Cambridge University Press, 51-59.**
- RAVETZ (J.)-1971-*Scientific Knowledge and its Social Problems*, New York, Oxford University Press.**
- ROBARDET (G.) e GUILLAUD (J-C.)-1994-*Elements D'épistémologie et Didactique Des Sciences Physiques*, Grenoble: Publications de l' I.U.F.M.**

Bibliografia

- ROGERS (C.)**-1971-*La Relation D'Aide et la Psychothérapie*, Paris: E.S.F.
- RUGGIERI et al.**-1993-«The Images of Science of Teachers in Latin Countries» in *International Journal of Science Education*, vol.15, nº 4, 383-393.
- RUIZ (A. B.)**-1991-«Constructivismo y Desarrollo de Aprendizajes Significativos» in *Revista de Educación*, nº294, 301-321.
- SANTOS (M.E.)**-1990- *Mudança Conceptual na Sala de Aula-Um Desafio Pedagógico*, Lisboa: Livros Horizonte.
- SANTOS (M.E.)**-1991-«A Didáctica das Ciências à Luz da Epistemologia Bachelardiana» in *Revista Aprender*, nº14, Portalegre: Escola Superior de Educação de Portalegre, Nov.1991, 19-33.
- SANTOS (M.E.)**-1991a-«Dimensão Epistemológica do Ensino das Ciências» in T.Oliveira (coord.), *Didáctica da Biologia*, Lisboa: Univ.Aberta, 42-72.
- SANTOS (M.E.) e PRAIA (J.)**-1992-«Percurso de Mudança na Didáctica das Ciências, sua Fundamentação Epistemológica» in F.Cachapuz (coord.), *Ensino das Ciências e Formação de Professores*, nº1-Projeto Mutare, Aveiro: Univ.Aveiro, 7-34 (monografia).
- SCHÖN (D.)**-1983-*The Reflective Practitioner: How Professionals Think in Action*, New York: Basic Books.
- SHULMAN (L.)**-1986-«Paradigms and Research Programs in the Study of Teaching.A Contemporary Perspective», in M.C. Wittrock (ed.), *Handbook of Research on Teaching*, 3ªed., New York: Macmillan, 3-36.
- SIMONOT (M.)**-1978-«Entretien Non-Directif, Entretien Non-Prestructuré: Pour une Validation Méthodologique et une Formalisation Pédagogique» in *Bulletin de Psychology*, Tome XXXIII, nº343.
- SOLOMON (J.)**-1991-«Group Discussions in the Classroom» in *School Science Review*, vol. 72, nº261.
- SOUSA SANTOS (B.)**-1987-*Um Discurso sobre as Ciências*, Porto: Ed.Afrontamento.
- SOUSA SANTOS (B.)**-1989-*Introdução a uma Ciência Pós-Moderna*, Porto: Ed.Afrontamento.
- SPF**-1987-«A SPF e o Ensino da Física a Nivel Secundário», in *Gazeta de Física*, vol.10, fasc.1, 6-7.

Bibliografia

- STENGERS (I.)**-1979-«A Descrição da Actividade Científica por T.S.Kuhn» in Manuel M. CARRILHO, *História e Prática das Ciências*, col. Filosofia, Lisboa: Regra do Jogo, 77-116.
- SWATTON (P.)**-1990-«Process and Content in the National Science Curriculum» in *School Science Review*, vol.72, nº259, 19-28.
- THOMAZ (M.)**-1987-«Uma Perspectiva Construtivista para o Ensino da Física. I- Psicologia da Construção Pessoal de George Kelly», in *Gazeta de Física*, vol.10, fasc.4, Lisboa, S.P.F., 121-128.
- TOOTHACKER (W.)**-1983-«A Critical Look at Undergraduate Laboratory Instruction, in *American Journal of Physics*, vol.51, 516-520
- VALA (J.)**-1986-«Sobre as Representações Sociais -Para uma Epistemologia do Senso Comum» in *Cadernos de Ciências Sociais*, nº4, 5-30.
- VALA (J.)**-1986a-«A Análise de Conteúdo» in J.M. Pinto et A.S. Silva (orgs.), *Metodologia das Ciências Sociais*, Lisboa: Ed. Afrontamento, 101-128.
- VALENTE (M.O.) et al**-1987-*Aprender a Pensar*, Projecto Dianóia, Lisboa: Dep.Educação F.C.L.
- VALENTE (M.O.) et al**-1989-*Prática Pedagógica: Análise da Situação*, Lisboa: GEP.
- VEIGA (M.L.)**-1988-*A Study of the Scientific and Everyday Versions of Some Fundamental Science Concepts*, Ph. D. Thesis, Norwich: School of Chemical Sciences, Univ. of East Anglia.
- VENHAM (M.)**-1987-«Singular problems in science and science education» in *J. of Philos. of Educ.*, nº1, 47-58.
- VYGOSTKY (L.S.)**-1988-*A Formação Social da Mente*, Col. Psicologia e Pedagogia, S. Paulo: Ed. Martins Fontes.
- WATTS (M.) e GILBERT (J.)**-1989-«The "New Learning": Research, Development and the Reform of School Science Education» in *Studies in Science Education*, 16, 75-121.
- WATTS (M.)**-1992-*The Science of Problem-Solving-A Practical Guide for Science Teachers*, London: Heineman.
- WHEATLEY (G.)**-1991-«Constructivist Perspectives on Science and Mathematics Learning» in *Science Education*, vol.75, nº1, 9-21.

Bibliografia

- WHITE (R.)**-1983-«Relevance of Practical Work to Comprehension of Physics», in *Physics Education*, vol.14, 384-387.
- WELFORD (G.)**-1992-«L'Évaluation des Travaux Pratiques dans l'Enseignement des Sciences à l'École» in D. Layton (dir.), *Innovations dans l'Enseignement des Sciences et de la Technologie*, vol. III, Paris: UNESCO, 43-67.
- WELLINGTON (J.)**-1989-«Skills and Processes in Science Education: An Introduction» in Jerry Wellington (Ed.), *Skills and Processes in Science Education-A Critical Analysis*, London: Routledge, 5-20.
- WELLINGTON (J.)**-1988-«The Place of Process in Physics Education» in *Physics Education*, n°23, 150-159.
- WOOLNOUGH (B.) e ALLSOP (T.)**-1985-*Practical Work in Science*, Cambridge: Cambridge University Press.
- WOOLNOUGH (B.)**-1989-«Towards a Holistic View of Processes in Science Education» in Jerry Wellington (Ed.), *Skills and Processes in Science Education-A Critical Analysis*, London: Routledge, 115-134.
- YIN (R.K.)**-1987-*Case Study Research-Design and Methods*, London: Sage.

Índice de Autores

ÍNDICE DE AUTORES

ABRIC.....	131,133
AGUIRRE.....	136
ALARCÃO.....	265
AMBRÓSIO.....	268
ARGYRIS SCHÖN.....	140,266
AUSUBEL.....	67,120
BACHELARD.....	45,56,69
BARATA e AMBRÓSIO.....	12,54
BARDIN.....	162,163
BENTLEY e WATTS.....	92
BLANCHET.....	150,152
BOUDON.....	147
BRICKHOUSE.....	137,140,142,262
BRICKHOUSE e BODNER.....	138,140
BROOK, DRIVER e JOHNSTON.....	67,68,73,79,80,118,120
BURBULES e LINN.....	92,120,257
CACHAPUZ <i>et al.</i>	16,77,78,80,81,90,114,115,262
CARDOSO.....	12
CAREY <i>et al.</i>	128
CARRILHO.....	41
CARVALHO.....	29,147
CAWTHRON e ROWELL.....	136
CHARLESWORTH.....	23,24
CHALMERS.....	24,25,26,29,32,44
CHAUCHAT.....	150,152,153
CLARK e PETERSON.....	17
COSTA.....	156,157
CROZIER e FRIEDBERG.....	147,150
DGEBBS.....	14,15,60,122
DGES.....	16
DEVELAY.....	131
DEVEREUX.....	156
DRIVER.....	14,67,73,82,83,114,118
DRIVER e BELL.....	14
DUIT.....	14
DUSCHL e GITOMER.....	15
EINSTEIN.....	25

Índice de autores

ELKANA.....	136
ERICKSON.....	146,147
ESTRELA.....	35
FEYERABEND.....	27,32,45
FOUREZ.....	27,29,33,38,39,46
FRASER <i>et al.</i>	17,110
GAGO.....	13,14,54,55,68
GALLAGHER.....	136
GARRETT <i>et al.</i>	91
GARRET.....	99,121
GHIGLIONE e MATALON.....	150,151,152,156
GIL.....	37,39,40
GIORDAN e VECCHI.....	13,131,133,146
GIORDAN <i>et al.</i>	14
GIORDAN.....	56,82,94,99,103
GLASERSFELD.....	50
GOETZ e LeCOMPTE.....	157
HODSON.....	15,51,56,67,68,74,76,79,80,82,83,85,87,88,94,96,97,100,103,109,110,112, 113,114,116,118,136,142,143,144,256,267
HODSON e REID.....	59,86,113,115,118,120
HOFSTEIN e LUNETTA.....	103,110
HUSÉN.....	35
JENKINS.....	54,59,63,64,65,108,109
JESUÍNO.....	147
JODELET.....	131
JORGE.....	122
KELLY.....	69
KEMPA.....	79,84,96,97,107,120,121
KIRSCHNER.....	68
KOULAIDIS e OGBORN.....	136
KREITLER e KREITLER.....	112
KUHN.....	19,27,32,35,36,37,39,40,41,42,45,47,56,69,99,264
LAKATOS.....	32,45,69
LAROCHELLE e DÉSAUTELS.....	15,25,26,61
LEDERMAN.....	142
LEDERMAN e ZEIDLER.....	128,140
LEDERMAN e O'MALLEY.....	112
LEFOUR.....	16
LEGROUX.....	31
LERBET.....	31,71,72,88,134,153

Índice de autores

LINDER.....	58,136,139,143
LOCK.....	77,78,104,105,106,107,108,260
LUNETTA.....	83,85,103,119,120,121,256,257
MARTIN <i>et al.</i>	102
MASTERMAN.....	35
MATTHEWS.....	15,128,129,136
MEIRIEU.....	70
MERRIAN.....	150
MIGUÉNS.....	16,118,121,257
MILES e HUBERMAN.....	161,166
MILLAR.....	58,67,68
MORIN.....	23,26,27,31,32,33,38,40,51
MOSCOVICI.....	130
NERSESSIAN.....	77
NOT.....	59
OGUNNIYI.....	22
OSBORNE e WITTRICK.....	118
OTERO.....	51,59
PAJARES.....	133,148
PATTON.....	151
PEREZ.....	14,69,95,96,97,103,118
PERKINSON.....	122,260
PIAGET.....	69
PIAGET e GARCIA.....	34
PIZZINI <i>et al.</i>	91
POMEROY.....	128,136,139,140,141,148
POPE e Gilbert.....	59
POPPER.....	19,26,27,31,32,33,36,37,39,40,41,43,44,45,46,56,69,87,90,91,92,95,98,104,253,264
RAVETZ.....	42
ROBARDET e GUILLAUD.....	24,30,60,64,84,256,258
ROGERS.....	153
RUGGIERI <i>et al.</i>	136
RUIZ.....	15,70,71
SANTOS.....	134
SANTOS e PRAIA.....	61,62,64,65,66
SCHÖN.....	140,265,266
SOLOMON.....	90
SOUSA SANTOS.....	32,33,45
SPF.....	14
STENGERS.....	47,48,60

Índice de autores

SWATTON.....	58,101,103,116
THOMAZ.....	14,27,45,59,60,61
TOOTHACKER.....	111
VALA.....	131,133,161
VALENTE <i>et al.</i>	16
VEIGA.....	13
VENHAM.....	98
VYGOSTKY.....	69,71,92
WATTS.....	96
WHEATLEY.....	15
WHITE.....	34
WELFORD.....	96,108
WELLINGTON.....	58,65,66,68
WOOLNOUGH e ALLSOP.....	42,43,80,81,91,96,97,102,103,109,11,113,114,116,117,120, 121,256,257.
WOOLNOUGH.....	51,68,73

Anexo 1

Guião das Entrevistas

Guião das entrevistas

(Q1) . Em sua opinião, o que é a ciência ?

(Q2) . Li algures que a ciência «...é uma criação do espírito humano, com ideias e conceitos livremente inventados».

O que pensa desta ideia?

(Q3) . Alguns autores afirmam que a ciência é neutra e o conhecimento científico traduz verdades absolutas (aspira a atingir certezas) sobre a natureza, enquanto outros autores defendem que a ciência é relativa e o conhecimento científico tem uma natureza hipotética/conjectural e falível.

O que pensa sobre estas ideias?

(Q4) . Relativamente à relação que o cientista/investigador estabelece com o seu objecto de conhecimento, há autores que defendem que todos os sujeitos têm a mesma percepção sobre a realidade porque esta é exterior e independente dos sujeitos, enquanto outros defendem que a percepção da realidade é diferente de sujeito para sujeito, pois esta percepção resulta da negociação entre os sujeitos e os estímulos que recebem do exterior.

Como se posiciona face a estas duas concepções da realidade? Fale-me sobre a sua própria concepção?

(Q5) . É comum as pessoas dizerem que a ciência é objectiva.

Em sua opinião, o que é que as pessoas querem dizer com isto? Em que é que se baseia a objectividade da ciência?

(Q6) .Em sua opinião, como é que evolui a ciência?

(Q7) .O progresso da ciência é visto por determinadas correntes de pensamento sobretudo como um processo linear e unívoco em que as mudanças qualitativas se devem à acumulação de factos derivados da observação/experimentação e outras correntes argumentam que o progresso da ciência se faz por eliminação de erros, por refutações ou rupturas, a partir da crítica e reformulação dos seus princípios e postulados.

Diga-me com qual destas correntes de pensamento mais se identifica e porquê?

(Q8) .Em sua opinião, como se processa a actividade científica?

(Q9) .A actividade científica é comumente referida como uma actividade que faz uso de um método científico concebido como uma sequência de etapas hierarquicamente organizadas e bem definidas: observação, hipóteses, experimentação, resultados, interpretação, conclusões. No entanto, há quem refute esta concepção de método científico, contrapondo que a actividade científica é uma actividade de resolução de problemas, em que os métodos a usar dependem do tipo de problemas de que se parte.

Em sua opinião, qual destas concepções traduz melhor o modo de produção do conhecimento científico?

(Q10) .Há quem afirme que o conhecimento deriva directamente da observação dos fenómenos. O que pensa sobre este assunto?

(Q11) .Em sua opinião, qual é o papel da experimentação no processo de produção do conhecimento científico (na actividade científica)?

(Q12) .É comum os professores de F/Q falarem de trabalho experimental. O que significa para si o termo trabalho experimental?

(Q13) .Há quem defenda que o trabalho experimental nas aulas de Física/Química deve reflectir as características do trabalho científico inerente a estas duas ciências. O que pensa a este propósito? Descreva-me como vê esta relação?

(Q14) .O trabalho experimental concebido como uma actividade de natureza investigativa tem vindo a ser considerado um vector fundamental no processo de ensino e de aprendizagem dos alunos.

O que pensa de tal orientação? Descreva-me como procederia para implementar este tipo de actividade.

(Q15) .Em sua opinião quais são os valores educativos do trabalho experimental?

(Q16) .A Lei de Bases do Sistema Educativo refere a importância «do desenvolvimento pleno e harmonioso da personalidade dos indivíduos, incentivando a formação de cidadãos livres, responsáveis, autónomos e solidários (...) capazes de julgarem com espírito crítico e criativo o meio social em que se integram (...)».

Na sua perspectiva, poderá o trabalho experimental contribuir para estas finalidades da educação?

Anexo 2
Quadros Síntese dos Dados

<u>Entrevista</u>		
Natureza do Conhecimento Científico		
<u>Ideias de Ciência</u>	<u>Natureza das explicações científicas</u>	<u>Objectividade da ciência</u>
.A ciência é um processo dinâmico de conhecimento; este tem que ser constantemente reatualizado face a novas descobertas. (Q2,7)	.A ciência não é uma criação do espírito humano;-é através do racionalismo do sujeito que se encadeiam com lógica e coerência os factos/dados (que só podem ser) retirados da realidade e que sustentam as suas afirmações. (Q2,8,11)	.A ciência é objectiva:-a objectividade baseia-se na transcrição objectiva, na tradução matemática da realidade; S2 .O conhecimento científico é um conhecimento verificado por todos fazendo uso do método científico (Q2,11; Q5,126,127,134)
.A ciência é um estudo para a compreensão da realidade; é um conjunto de conhecimentos inferidos da realidade e verificados. (Q1,2,4)	.Na ciência não intervêm processos de criação e de invenção: -os conceitos são uma constatação; são quase uma tradução da realidade; -Uma teoria científica pressupõe ter como base (fundamenta-se) dados verificados, traduzidos matematicamente (Q2,7; Q8, 168)	.A objectividade da ciência decorre: -da objectividade dos factos, verificados e provados em condições experimentais idênticas por diferentes pessoas; -da objectividade da investigação científica; dum estudo pormenorizado, exaustivo, que utiliza métodos para quantificar o mais possível a realidade (Q5,127,134,136,140)
.A ciência distingue-se da não-ciência; toda a ciência tem um carácter experimental e matemático; pressupõe a utilização do método experimental, do método científico. (Q1, 4; Q2,11; Q8,164)	.O conhecimento científico é falível e tem uma natureza hipotética: porque evolui e porque as previsões que permite fazer poderão não acontecer; .Uma teoria tem uma certeza momentânea, porque a ciência evolui. (Q3,117,119)	.A objectividade da ciência é relativa face ao tempo(momentânea); muda com a evolução da ciência Q5,146)

Quadro-síntese das ideias-chave do professor António sobre a natureza do conhecimento científico

<u>Entrevista</u>		
Produção do Conhecimento Científico		
<u>Natureza da realidade</u>	<u>Progresso da Ciência</u>	<u>Natureza do Processo</u>
.A percepção da realidade é diferente de sujeito para sujeito; depende da formação, em sentido lato (académica e por interesses), do sujeito/do seu "background" cultural e científico; varia com a quantidade de conhecimentos acumulados num determinado espaço/tempo. (Q4,13,45,47,64)	.A ciência evolui a partir da investigação de hipóteses (especulações) inferidas da realidade através da observação. (Q6,72,76)	.A actividade científica é uma actividade que faz uso do método experimental, do método científico; processa-se a partir da observação, seguida da formulação de hipóteses e comprovação das hipóteses por experimentação, operacionalização das hipóteses em termos matemáticos, e, conclusões com vista a uma generalização, à teoria científica; é a tecnologia que permite operacionalizar e traduzir matematicamente o fenómeno em estudo. (Q2,11; Q7,99,103; Q8,166)
.A percepção da realidade é sempre racional; esse racionalismo corresponde à tradução matemática dos fenómenos; é objectiva. (Q4,23,25)	.A evolução da ciência tem um carácter cumulativo e continuista: evolui por reformulação (completamento) dos conhecimentos anteriores, devido à acumulação de novos factos/conhecimentos derivados da observação/experimentação. (Q7,88,89,93,95)	.O método científico é um método constituído por etapas hierarquicamente organizadas e bem definidas: observação, experimentação, etc. (Q8,164; Q9,174)
.A realidade é exterior e independente dos sujeitos; é aquilo que nos rodeia, que acontece e que sempre aconteceu independentemente do homem. (Q4,39,43,44)	.O processo de evolução é linear e unívoco, mas por vezes há retrocessos, na medida em que aprofundamos/desenvolvemos conhecimentos anteriores. (Q7,93)	.A observação é o ponto de partida da actividade científica; (Q2,11; Q6,72,76; Q7,88; Q9,174) .A experimentação desempenha um papel central na actividade científica; sem experimentação não haveria actividade científica, seria pura especulação; é fundamental para a descrição e quantificação da realidade. (Q11,170,172)

Quadro-síntese das ideias-chave do professor António sobre a produção do conhecimento científico

<u>Entrevista</u>		
O Trabalho Experimental na Educação em Ciência		
<u>Ideias de trabalho experimental</u>	<u>Trabalho Experimental como actividade de carácter investigativo</u>	<u>Valores educativos do trabalho experimental</u>
.Trabalho experimental é uma actividade em que os alunos manipulam o material e tiram as conclusões (Q12,196)	.O TE deve reflectir as características do trabalho científico; utilizar o método experimental .Uma actividade de carácter investigativo ideal seria os alunos fazerem a análise do fenómeno seguindo as etapas do método científico, em que só lhes era dado o material necessário e a descrição do fenómeno; neste momento é impossível realizar TE de acordo com o método experimental (falta de tempo e de preparação laboratorial dos alunos). (Q12,188; Q13,204,210; Q14,216,218,222,226)	.Promover o desenvolvimento individual dos alunos, intelectual e psicomotor: -desenvolver o raciocínio; capacidade de problematização(pôr questões) das situações; capacidades manipulativas e de aplicação das regras de segurança. (Q12,184,190,194,196; Q15,228,230)
.TE é uma actividade experimental em que os alunos mexem para aprender; pressupõe um certo grau de liberdade; as actividades de demonstração feitas pelo professor não são trabalho experimental. (Q12,198,200)	O TE como actividade de carácter investigativo é uma actividade estruturada, com as seguintes etapas: objectivo trabalho, realização da experiência com técnicas próprias; análise de resultados, interpretação e conclusões; (Q13,206,210)	.Desenvolver a auto-confiança(vencer os medos). (Q15,228) .Motivar. (Q12,200) .Favorecer uma aprendizagem mais segura/sólida (pressupõe a observação na prática do que se deu na teoria) e ajudar à memorização. (Q12,184,188; Q15,228)
	.O TE pressupõe a utilização de um protocolo/guião (Q13,210; Q14,222,226)	Contribuir para a formação de cidadãos críticos e interventivos; pressupõe que através do TE os alunos podem investigar problemas que afectam a comunidade. (Q16,238,240)

Quadro-síntese das ideias-chave do professor António sobre o trabalho experimental na educação em ciência

<u>Observação de Aulas</u>						
Estrutura global das actividades experimentais	Natureza do Processo				Papel das actividades experimentais	
<u>Rotina</u>	<u>Elementos característicos</u>	<u>Papel do professor</u>	<u>Papel dos alunos</u>	<u>Características do processo</u>	<u>Funções e Objectivos</u>	<u>Tipos de actividades</u>
.Referência/Explicação de aspectos teóricos envolvidos; .Distribuição da ficha experimental e material necessário; .Execução da ficha experimental pelos alunos em grupo; .Análise dos resultados experimentais.	.Execução do procedimento experimental; .Recolha e registo de dados; .Análise dos resultados experimentais.	.Controle total sobre todas as fases de desenvolvimento da actividade: -prof. define domínio e objectivo do trabalho, concebe o plano experimental, indica variáveis a medir e cálculos a fazer, orienta a execução da ficha experimental e faz a análise dos resultados.	.Em grupo executam a ficha experimental com a ajuda do professor; .Respondem às questões que o prof.coloca; .Registam no caderno o que o prof.diz ou faz no quadro; .Elaboram relatórios em grupo.	.Processo definido pelo professor na ficha experimental; .Processo altamente estruturado, com instruções precisas para a realização da actividade.	.Ilustrar e/ou verificar conceitos e fenómenos já dados.A 1ª actividade teve como função a ilustração de um processo de determinação prática de uma grandeza característica de uma substância; .A 2ª actividade destinou-se a ilustrar um fenómeno e a verificar experimentalmente uma equação de definição de uma grandeza.	.Exercícios de prática confirmatória

Quadro-síntese de dados de observação da prática em sala de aula do professor António

<u>Entrevista</u>		
Natureza do Conhecimento Científico		
<u>Ideias de Ciência</u>	<u>Natureza das explicações científicas</u>	<u>Objectividade da ciência</u>
.A ciência é um processo dinâmico de conhecimento: jogando com os conhecimentos que se têm num dado momento e que se foram acumulando integra novas aquisições (novas visões), ou, faz adaptações dos modelos existentes, ou muda quando não consegue integrar novas leituras da realidade; (Q1,2,4; Q2,12)	.A Ciência é uma criação do espírito humano: perante uma realidade constroem-se determinados modelos e não outros; (Q2,12)	.O Conhecimento científico diz-se objectivo se traduzido por modelos objectivos, modelos coerentes que explicam bem a realidade, em que o novo não cria rupturas internas, não abala a sua coerência; modelos objectivos=modelos testados e provados; .Um dado objectivo é um dado muito experimentado, muito aferido por todos; é um dado assente numa dada altura. (Q5,39; Q8,77)
A ciência distingue-se da não-ciência por não ficar pela observação; a ciência deve-se a uma procura sistemática e profunda da realidade, através da experimentação sistemática da teoria, do confronto entre teoria e experimentação; (Q1,8)	.A Ciência não é livremente inventada porque não nasce do nada; é uma invenção condicionada pelos conhecimentos existentes num determinado momento e pelo confronto sistemático com a realidade; (Q2,12)	.A objectividade da ciência corresponde à procura de explicações cada vez mais próximas do que se pensa ser a realidade; (Q5,42)
.Ciência é uma forma de ver a realidade. (Q1,2)	Modelos científicos são modelos que se vão criando para explicar a realidade; são um conjunto de leis, regras e princípios que dão num determinado momento uma explicação de uma realidade. (Q2,12; Q7,37)	.A objectividade da ciência corresponde à objectividade dos seus modelos que decorre quer da sua verificação e testagem em condições experimentais idênticas por diferentes pessoas, quer de uma aferição de leituras feitas por diferentes pessoas, baseada na repetição de experiências e discussão das leituras feitas com vista a estabelecer por consenso uma leitura comum de uma dada realidade, num dado contexto histórico, cultural e científico. (Q5,42,49,67,69,71)

Quadro-síntese das ideias-chave da professora Catarina sobre a Natureza do Conhecimento Científico

<u>Entrevista</u>		
Produção do Conhecimento Científico		
<u>Natureza da realidade</u>	<u>Progresso da ciência</u>	<u>Natureza do processo</u>
.A percepção da realidade é diferente de sujeito para sujeito; depende do "background" cultural do sujeito (formação académica, interesses, cultura e vivência); a percepção da realidade varia com a quantidade de conhecimentos acumulados num determinado espaço/tempo. (Q2,14; Q4,16,18; Q5,71; Q6,49)	.A ciência evolui de muitas maneiras: por insatisfação com as explicações que são aceites por todos num dado momento (consideradas quase assentes); devido à natureza questionadora intrínseca do homem; pela tentativa de encontrar explicação para problemas decorrentes do contexto político, histórico e social. (Q4,23; Q6,25,27)	.A actividade científica é uma actividade de resolução de problemas; processa-se através de um plano de pesquisa que visa confirmar ou infirmar as hipóteses e pode conduzir à resolução de um problema ou levantamento de novos problemas; .os problemas surgem de novas experiências, de novas observações, ou, de questões teóricas; .A ciência é uma actividade individual e colectiva. (Q1,4; Q2,12; Q8,77,79; Q9,89,91; Q10,93)
.A realidade não é exterior nem independente dos sujeitos; caso contrário a ciência não evoluiria, a leitura da uma realidade seria a mesma em diferentes épocas; .A realidade é aquilo que é aceite por todos; a realidade não é imutável; não pode ser considerada como absoluta, é relativa. (Q2,14; Q4,18,23.)	O progresso da ciência tem um carácter dual: cumulativo e continuista e descontinuista. Evolui porque há uma acumulação da quantidade de conhecimentos, de novas leituras da realidade; os modelos não se excluem uns aos outros, de todos eles vão ficando algumas coisas e as mudanças qualitativas do conhecimento científico devem-se também a refutações, rupturas ou consensos provocados por novos factos. (Q4,18; Q7,29,33)	.O método da ciência é um método constituído por etapas que se interpenetram; não tem uma sequência nem uma hierarquia definida; após a formulação de hipóteses de resolução do problema, os passos a seguir dependem do problema em si e da área de conhecimento em que se insere; têm de se criar os instrumentos necessários (a escolha de um método) para a resolução desse problema; .O método da ciência envolve a colocação de hipóteses, criação de situações de investigação, tirar conclusões e sistematização de dados; (Q1,10; Q9,87,89,91; Q10,93)
	.A evolução da ciência faz-se com base no que já existe fazendo novas ligações, novas reflexões. (Q7,33)	.A formulação de hipóteses baseia-se nas previsões feitas com base nos conhecimentos científicos aceites pela comunidade científica num dado momento e nas expectativas que o sujeito criou perante uma ideia nova que surgiu. (Q8,79; Q11,83)
		.A observação pode ser uma fonte de problemas de investigação, mas não é a única. (Q10, 93) .A experimentação é imprescindível na confirmação ou infirmação de hipóteses; tem um papel importante no desenvolvimento da ciência; a escolha da experimentação depende dos conhecimentos do sujeito e do tipo de problema. (Q11,83,85)

Quadro-síntese das ideias-chave da professora Catarina sobre a Produção do Conhecimento Científico

<u>Entrevista</u>		
Trabalho Experimental na Educação em Ciência		
<u>Ideias de trabalho experimental</u>	<u>Trabalho experimental como actividade de carácter investigativo</u>	<u>Valores educativos de trabalho experimental</u>
.O TE é uma actividade de resolução de problemas; envolve a investigação de um problema, de uma forma tão livre quanto possível, através da elaboração de um plano de trabalho utilizando leis já conhecidas. (Q12,95,,97,99)	.O TE deve reflectir as características do trabalho científico (Q13,101,103)	Contribuir para a construção do conhecimento científico pelos alunos; pressupõe que o TE não se limite à manipulação de material; tem de partir dos conhecimentos dos alunos (científicos ou outros) e a reflexão crítica sobre o trabalho desenvolvido; .Promover a aprendizagem dos conteúdos científicos; .Desenvolver a capacidade de aplicação dos conceitos na resolução de problemas. (Q13,105; Q15,123,126)
.O TE como actividade de descoberta é uma actividade sem objectivos para o aluno; limita-se à manipulação de material.; (Q12,97)	.O TE é uma actividade de resolução de problemas, que pressupõe compreender o problema (à luz dos conhecimentos já adquiridos), estabelecer um plano de trabalho ou seguir um plano previamente estabelecido e avaliação dos resultados experimentais; .O problema do professor pode não ser problema para os alunos; o criar do problema tem de ser enquadrado tendo em conta as "sabedorias" dos alunos e os seus interesses; é utópico dizer que o problema nasce naturalmente; (Q13,101,103,105; Q14,113,115)	.Contribuir para o desenvolvimento progressivo de atitudes e capacidades científicas: ser capaz de estabelecer um plano de investigação; aprender a observar e a registar com objectividade; capacidade de relacionar; capacidade crítica. (Q13,101,103,105; Q12,99; Q15,121)
.O Te como aplicação de receitas limita-se à manipulação (ler e fazer), sem estabelecer relações entre as coisas. (Q12,99)	.O TE não parte do nada e não se limita à manipulação de materiais; há uma interacção entre os conteúdos teóricos e a experimentação. (Q13,101,103)	.Promover o desenvolvimento da autonomia, da responsabilidade e de solidariedade; pressupõe que o TE é uma actividade de resolução de problemas em grupo. (Q16,117)

Quadro-síntese das ideias-chave da professora Catarina sobre o Trabalho Experimental na educação em Ciência

<u>Observação de Aulas</u>						
Estrutura global das actividades experimentais	Natureza do Processo				Papel das actividades experimentais	
<u>Rotina</u>	<u>Elementos característicos</u>	<u>Papel do professor</u>	<u>Papel dos alunos</u>	<u>Características do processo</u>	<u>Funções e Objectivos</u>	<u>Tipos de actividades</u>
.Organização da actividade: -distribuição material laboratorial; -fornecimento de indicações gerais em suporte escrito ou registadas no quadro; -definição de uma situação-problemática. .Realização da actividade: -concepção de um plano experimental; -execução do plano experimental; -interpretação dos resultados experimentais; .Conclusão da actividade: -análise e avaliação do trabalho desenvolvido.	.Trabalho prévio do quadro conceptual subjacente à actividade; .Definição de uma situação-problemática; .Análise e compreensão do problema; .Concepção de um plano experimental; .Execução do plano experimental; .Interpretação dos resultados experimentais; .Análise e avaliação dos produtos e dos processos experimentais.	.Assume um papel preponderante na definição e organização da actividade: -define domínio da actividade e a situação-problemática a estudar em cada caso; selecciona o material a usar na sua totalidade ou em parte; define esquema da montagem experimental e fornece orientações gerais em suporte escrito (ficha) ou no quadro relativas à interpretação dos resultados; .No desenvolvimento e conclusão da actividade, a professora desempenha sobretudo um papel de orientação da actividade dos alunos.	.Em actividade de grupo procedem à análise e compreensão do problema, concebem e executam o plano experimental, e fazem a interpretação dos resultados experimentais, tendo em conta as orientações dadas pela professora; .Participam activamente na análise e avaliação do trabalho realizado, respondendo às questões colocadas pela professora, confrontando ideias e colocando questões. .Elaboram relatórios em grupo.	.Processo pouco estruturado e aberto; processo de resolução de uma situação-problemática.	.Aprofundar as relações e ampliar o campo de aplicação dos saberes científicos dos alunos relativamente aos conceitos cinemáticos e dinâmicos; .Contribuir para o desenvolvimento de determinadas capacidades e atitudes, como a capacidade de resolução de problemas, a capacidade de comunicação e de argumentação, a responsabilidade e a autonomia.	.Actividades experimentais de carácter investigativo; actividades orientadas de resolução de uma situação-problemática.

Quadro-síntese de dados de observação da prática em sala de aula da professora Catarina

<u>Entrevista</u>		
Natureza do Conhecimento Científico		
<u>Ideias de ciência</u>	<u>Natureza das explicações científicas</u>	<u>Objectividade da ciência</u>
.A ciência é um processo dinâmico de conhecimento: evolui em qualquer sentido; há sempre qualquer coisa que contribui para mudar ou para completar o conhecimento. (Q1,2,6)	.A ciência não é uma criação do espírito humano: os conceitos e ideias têm que assentar numa base sólida, na interpretação de resultados de estudos experimentais muito morosos (Q2,10,12,14)	.A ciência é objectiva: a objectividade da ciência decorre da objectividade dos factos, verificados e provados em condições experimentais idênticas por diferentes pessoas. (Q5,95,97,107,111,113; Q11,163)
.A ciência distingue-se da não-ciência: a ciência baseia-se em factos experimentais; a ciência não estagna, pode-se sempre modificar (Q1,4,6))	.A ciência é relativa e falível: - porque evolui; nada é absoluto porque muda. -o conhecimento científico num dado momento traduz verdades absolutas, que com a evolução da ciência dão lugar a outras verdades absolutas (Q3,57,65,67; Q5,115)	A objectividade da ciência é relativa face ao tempo (momentânea); muda com a evolução da ciência. (Q5,109)
	.O conhecimento científico deriva dos dados/resultados experimentais que o cientista/cientistas obtêm. (Q4,53)	

Quadro síntese das ideias-chave da professora Leonor sobre a Natureza do Conhecimento Científico

<u>Entrevista</u>		
Produção do Conhecimento Científico		
Natureza da realidade	<u>Progresso da ciência</u>	<u>Natureza do processo</u>
.A realidade é exterior e independente: é aquilo que nos rodeia, que acontece e que sempre aconteceu, independentemente do homem. (Q4,35,39; Q5,119)	.A ciência evolui: devido ao questionamento dos resultados obtidos no passado e obtenção de novos resultados/conclusões obtidas através de experiências, por modificação das condições experimentais. (Q1,6; Q6,63,69,79; Q8,151; Q11,179,187)	.A actividade científica é uma actividade que faz uso do método científico; processa-se a partir dos conhecimentos (resultados) anteriores e da observação seguida da formulação de hipóteses, comprovação de hipóteses por experimentação e, por fim, as teorias. (Q1,4; Q6,77,79; Q9,201,203,213)
.A percepção da realidade não é diferente de sujeito para sujeito durante o tempo de vida de uma teoria científica; depende dos conhecimentos acumulados num dado momento, de algumas características pessoais (empenho, sensibilidade e do estímulo da pessoa) e dos meios de análise. (Q4,27; Q5,117,119,123,127)	.A evolução da ciência tem um carácter cumulativo e continuista: as mudanças qualitativas correspondem a reformulações (complemento) dos conhecimentos anteriores, devido à acumulação de factos/conhecimentos derivados da observação/ experimentação. (Q3,57,65,67; Q7,87,89,91)	.O método científico é um método constituído por etapas hierarquicamente organizadas e bem definidas: observação, formulação de hipóteses, experimentação, etc. (Q9,201,203,209,213)
		.A observação dos fenómenos é o ponto de partida da actividade científica; esta na fase da formulação de hipóteses. (Q10,199) .A experimentação desempenha um papel fundamental na actividade científica: a experimentação serve para consolidar e provar as teorias científicas e verificar as hipóteses; está na base da evolução da ciência - são os resultados experimentais que permitem pôr em causa os conhecimentos anteriores e chegar a novos conhecimentos. (Q11, 157,159,173,179,193,195)

Quadro síntese das ideias-chave da professora Leonor sobre a Produção do Conhecimento Científico

<u>Entrevista</u>		
Trabalho Experimental na Educação em Ciência		
<u>Definição do termo Trabalho Experimental</u>	<u>Trabalho experimental como actividade de carácter investigativo</u>	<u>Valores educativos do trabalho experimental</u>
.O Trabalho experimental é uma actividade em que os alunos manipulam o material e tiram as conclusões; não é só fazer a experiência, é também tentar interpretar. (Q12,233; Q13,239))	.O Trabalho experimental deve reflectir as características do trabalho científico (Q13,239)	.Facilitar a aprendizagem dos conteúdos .Promover a compreensão dos conteúdos científicos. .Favorecer a memorização (Q12,233; Q14,256; Q15,270)
.O Trabalho experimental pressupõe a existência de um guião com as indicações necessárias para os alunos fazerem a experiência. (Q12,233)	.O Trabalho experimental como actividade de carácter investigativo é uma actividade em que se deve fazer uso das seguintes etapas: observação, hipóteses, experimentação, conclusões; uma actividade em que os alunos não realizam só a experiência, chegam eles próprios às conclusões. (Q13,239,244; Q14,260,262)	.Promover a auto-confiança (Q16,276,280)
	.O Trabalho experimental pressupõe a existência de uma ficha/guião com orientações relativas às várias etapas. (Q14,266)	.Desenvolver o espírito crítico e criativo (Q16,276,280)
	.A formulação de hipóteses decorre da observação e da intuição dos alunos (o que eles esperam que vai acontecer). .A experimentação serve para verificar se as hipóteses estão ou não correctas. (Q13,243,247; Q14,262)	

Quadro-síntese das ideias-chave da professora Leonor sobre o Trabalho Experimental na Educação em Ciência

Observação de Aulas						
Estrutura global das actividades experimentais	Natureza do Processo				Papel das actividades experimentais	
<u>Rotina</u>	<u>Elementos característicos</u>	<u>Papel do professor</u>	<u>Papel dos alunos</u>	<u>Características do processo</u>	<u>Funções e Objectivos</u>	<u>Tipos de actividades</u>
.Referência ou não das variáveis em jogo na situação em estudo; .Distribuição da ficha experimental e material necessário; .Execução da ficha experimental pelos alunos em grupo; .Análise dos resultados experimentais.	.Execução de um procedimento experimental; .Análise dos resultados experimentais; .Elaboração de conclusões	.Controlo total sobre todas as fases de desenvolvimento da actividade: -prof. define domínio e objectivo do trabalho, concebe o plano experimental; indica variáveis a medir/observações a fazer; orienta a execução da ficha experimental; faz a análise dos resultados e tira as conclusões.	.Em grupo executam a ficha experimental com a ajuda da professora; .Respondem às questões que a prof. coloca; .Registam no caderno o que se diz ou faz no quadro.	.Processo definido pela professora na ficha experimental; .Processo altamente estruturado, com instruções precisas para a realização da actividade	."Descobrir" noções teóricas (obter dados para inferir relações). A 1ª actividade teve como função a identificação de variáveis e inferência de relações para definição de um princípio teórico; .A 2ª actividade destinou-se a aprofundar os saberes dos alunos sobre uma noção teórica (1ª parte) e a "descobrir" um processo de adição de forças.	.Actividades de "descoberta".

Quadro-síntese de dados de observação da prática em sala de aula da professora Leonor

<u>Entrevista</u>		
Natureza do Conhecimento Científico		
<u>Ideias de Ciência</u>	<u>Natureza das explicações científicas</u>	<u>Objectividade da ciência</u>
.A ciência é um processo dinâmico de conhecimento :-os conhecimentos vão dar origem a outros conhecimentos, devido à descoberta de novas coisas através de novas experimentações; -é um sistema organizado de conhecimentos que evolui constantemente (Q1,6,8,20; Q2,78; Q9,241)	.O Conhecimento científico decorre da utilização do método científico:-as ideias que surgem a partir das observações vão-se acumulando, que depois de experimentadas (método científico) dão origem às teorias; (Q2,29,31,80,84; Q6,201; Q11,311,314,323)	.A ciência é objectiva:-a objectividade da ciência decorre da objectividade dos factos, verificados e provados em condições experimentais idênticas por diferentes pessoas (Q5,173,175,177,179) . A ciência não é objectiva porque é dinâmica; porque o conhecimento muda constantemente; não é subjectiva. (Q5, 153,163, 169)
.A ciência distingue-se da não-ciência porque pressupõe a utilização do método científico; .A ciência é um acumular de conhecimentos experimentados através do método científico. (Q1,10,20; Q2,66; Q11, 317)	. A Ciência é também criação do espírito humano porque são as ideias que surgem ao homem a partir das observações que faz, que depois de experimentadas, dão origem ao conhecimento. (Q2,29)	.A objectividade da ciência é relativa face ao tempo (momentânea); muda com a evolução da ciência (Q5,181,185)
	.O conhecimento científico é relativo, falível porque evolui; nada é absoluto porque muda; uma teoria que hoje é certa pode deixar de ser certa; (Q3,90,92,114, Q5,183) . A certeza=verdade de uma teoria é função das observações e experimentações; é momentânea; uma verdade substitui outra verdade em função de algo novo que se descobriu. (Q3,94,108; Q4,123,126,130)	

Quadro-síntese das ideias-chave da professora Maria sobre a Natureza do Conhecimento Científico

<u>Entrevista</u>		
Produção do Conhecimento Científico		
<u>Natureza da Realidade</u>	<u>Progresso da Ciência</u>	<u>Natureza do Processo</u>
.A percepção da realidade depende dos conhecimentos acumulados num determinado momento e do fim em vista da investigação; a percepção é mesma se o fim em vista (objectivo) for o mesmo. (Q10,263,269,277,281) .A percepção da realidade varia de sujeito para sujeito porque as pessoas são diferentes (Q4,143)	.A evolução da ciência corresponde a uma acumulação de factos/conhecimentos e à sua reformulação constante devido a rupturas provocadas pelos novos dados; depende dos conhecimentos acumulados, de novas observações, de novas experiências e de novas necessidades que vão aparecendo (Q2,29,31,84; Q6,193,195; Q7,170,203,205,209,211)	.A actividade científica é uma actividade que faz uso do método experimental, do método científico (Q8,225; Q9,229; Q10,257)
.A realidade não é exterior nem independente dos sujeitos; aquilo que nos rodeia influencia o homem; há factores experimentais que influenciam a percepção da realidade: (Q4,120,141)	.A evolução da ciência tem um carácter cumulativo e continuista: a ciência é um conjunto de conhecimentos acumulados; os novos conhecimentos devem-se a acréscimos nos conhecimentos anteriores. (Q5,181; Q7,205,207)	.O método científico é um método constituído pelas seguintes etapas hierarquicamente organizadas e bem definidas: observação dos fenómenos; formulação de hipóteses e sua verificação experimental; conclusões com vista a uma generalização, à teoria científica. (Q1,16; Q2,80,68,70; Q8,223; Q9,229,243)
	.O processo de evolução da ciência não é linear, nem unívoco, porque não é uma evolução num único sentido; muitas vezes tem-se que voltar atrás, para depois se ir para a frente. (Q7,205)	.A observação de um facto ou de um fenómeno, é o ponto de partida da actividade científica; (Q8,227,Q9,243) .A experimentação desempenha um papel central na actividade científica; sem experimentação não haveria actividade científica, seria pura observação; serve para verificar/testar a influência de determinados factores/variáveis. (Q11,285,293)

Quadro-síntese das ideias-chave da professora Maria sobre a Produção do Conhecimento Científico

Entrevista		
Trabalho Experimental na Educação em Ciência		
<u>Ideias de trabalho experimental</u>	<u>Trabalho experimental como actividade de carácter investigativo</u>	<u>Valores educativos do trabalho experimental</u>
.Trabalho experimental é uma actividade em que os alunos manipulam o material e tiram as conclusões (Q12,325,335,345,349)	.O trabalho experimental deve reflectir as características do trabalho científico; (Q13,351) .O trabalho experimental como actividade de carácter investigativo é uma actividade experimental em que se deve fazer uso de todas as etapas do método científico: observação, hipóteses, experimentação, conclusões. (Q13,351,352; Q14,367,369,377,383)	Papel do trabalho experimental: “descobrir”, verificar ou ilustrar conceitos. (Q12, 325)
.O trabalho experimental é uma actividade experimental em que os alunos mexem para aprender; pressupõe um certo grau de liberdade; normalmente tem como suporte um guião. (Q12,327,329,343,349)	A formulação de hipóteses decorre da observação. (Q14,371,373,381).	.Promover o desenvolvimento de capacidades de análise, de síntese, de imaginação e de capacidades manipulativas. (Q15,413) .Desenvolver o espírito crítico e criativo. (Q16,421)
.A demonstração realizada pelo professor também trabalho experimental; é uma estratégia completamente diferente em que o professor controla tudo. (Q12,329,335)	. Papel da experiência no TE com actividade de carácter investigativo: verificar se as hipóteses estão ou não correctas e formulação de novas hipóteses. (Q14,373,391,393)	.Promover a compreensão e aprendizagem dos conteúdos científicos. (Q12,329,339; Q15,415,417)
	.Condições de implementação:-tempo e material suficiente. (Q14,355,357,359)	.Desenvolver capacidades de trabalhar em grupo; .Promover o desenvolvimento da solidariedade e da responsabilidade entre os alunos .Promover o desenvolvimento a nível sócio-afectivo. (Q15,413,419; Q16,421)

Quadro-síntese das ideias-chave da professora Maria sobre o Trabalho Experimental na Educação em Ciência

<u>Observação de Aulas</u>						
<u>Estrutura global das actividades experimentais</u>	<u>Natureza do Processo</u>				<u>Papel das actividades experimentais</u>	
<u>Rotina</u>	<u>Elementos característicos</u>	<u>Papel do professor</u>	<u>Papel dos alunos</u>	<u>Características do processo</u>	<u>Funções e Objectivos</u>	<u>Tipos de actividades</u>
.Distribuição da ficha experimental e material necessário; .Execução da ficha experimental pelos alunos em grupo; .Interpretação dos resultados experimentais e elaboração de conclusões.	.Manipulação de materiais e registo das observações; .Interpretação dos resultados experimentais; .Elaboração de conclusões.	.Controlo quase total sobre todas as fases de desenvolvimento da actividade:-prof. define domínio e objectivo do trabalho; selecciona o material; concebe o plano experimental; indica variáveis a medir/observações a fazer; acompanha e orienta a execução da ficha experimental; corrige as respostas dos alunos relativas à interpretação dos resultados; tira as conclusões.	.Em grupo executam a ficha experimental com a ajuda da professora; .Tentam fazer a interpretação dos resultados experimentais: Respondem às questões que a prof. coloca.	.Processo definido pela professora na ficha experimental; .Processo estruturado, com orientações precisas relativamente a todas as etapas.	."Descobrir" noções teóricas (obter dados para inferir relações). A 1ª actividade teve como função a definição de uma lei (lei de Hooke); .A 2ª actividade destinou-se a estabelecer a definição operacional e o significado físico de um conceito (pressão)	.Actividades de "descoberta".

Quadro-síntese de dados de observação da prática em sala de aula da professora Maria

Entrevista		
Natureza do Conhecimento Científico		
<u>Ideias de Ciência</u>	<u>Natureza das explicações científicas</u>	<u>Objectividade da ciência</u>
.A ciência é um processo dinâmico de conhecimento porque há mudança; é semelhante a um móvel em movimento rápido, constante e sem paragens. (Q1,30; Q2,78)	.A Ciência envolve a descoberta de relações entre os factos verificados e provados, através do método científico; também intervêm processos de criação porque as interpretações científicas são feitas de acordo com a mentalidade do homem, a sua maneira de ser e estar; não é livremente inventada porque é condicionada por um padrão, algo que já foi analisado, e pelo objecto de estudo; (Q2,36,38,40,42,52)	.A ciência é subjectiva porque não se sabe se uma interpretação é verdadeira ou falsa; baseia-se em factos que estão sempre a mudar com a evolução da tecnologia; os conhecimentos mudam constantemente; as interpretações que o homem faz dependem dos meios que utilizam; (Q5,98,104,108,112,124; Q8, 176,184,201)
.A ciência distingue-se da não-ciência porque pressupõe a utilização do método científico: a ciência interroga-se, põe em questão todas as observações que faz; não tem um carácter dogmático. (Q1,14,20,22; Q5,118))	.O conhecimento científico corresponde a possíveis interpretações dos fenómenos que ocorrem à nossa volta. face aos dados disponíveis num determinado momento; (Q1,2; Q3,58,64,68))	.Objectividade da ciência=verdade da ciência; traduz a correspondência de uma explicação com a realidade; com o avanço da tecnologia as interpretações estão cada vez mais próximas do real: uma explicação verdadeira traduz o que de facto aconteceu; (Q3,62; Q5,104,108; Q6,134,181,185)
A origem e o desenvolvimento da ciência deve-se à necessidade do homem controlar a natureza; o objectivo da ciência é a descoberta da essência da natureza (algo donde parte tudo), é procurar dados cada vez mais microscópicos. (Q3,64,68; Q10,226)	.O conhecimento científico é relativo e falível: porque evolui e porque é o homem que escolhe o caminho que o leva dos factos às explicações (como os homens são diferentes, podem obter resultados diferentes e fazerem interpretações diferentes); as suas conclusões/leis são consideradas não irrefutáveis uma vez que a ciência tem um carácter não-dogmático: a ciência não traduz verdades absolutas. (Q1,8; Q3,56,58,60)	.Uma teoria científica para que seja aceite, tem de ser verificada e avaliada mediante testagem experimental, em condições experimentais idênticas, por diversos cientistas. (Q8,190,198,200)

Quadro-síntese das ideias-chave da professora Rosa sobre a Natureza do Conhecimento Científico

<u>Entrevista</u>		
Produção do Conhecimento Científico		
<u>Natureza da Realidade</u>	<u>Progresso da Ciência</u>	<u>Natureza do Processo</u>
.A percepção da realidade é diferente de sujeito para sujeito; depende da sensibilidade da pessoa e dos meios de análise; pessoas diferentes ao escolherem caminhos diferentes obtêm resultados diferentes; (Q4,78,90,92)	.A ciência evolui por acumulação de dados cada vez mais pormenorizados, mais microscópicos sobre os fenómenos, devido à evolução da técnica (tecnologia); corresponde a uma aproximação sintóptica entre a interpretação do real e o real; visa a descoberta da ordem natural do mundo. (Q3,60,64,66,68; Q6,130,134,138,144,148,150,152,154,156)	.A actividade científica é uma actividade que faz uso do método experimental, do método científico; (Q1,14,22; Q3,76; Q5,118; Q8,172; Q9,218)
.A realidade é exterior e independente dos sujeitos; é aquilo que nos rodeia, que acontece e que sempre aconteceu, independentemente do homem; é objectiva. (Q4,92,100; Q8,176)	.A evolução da ciência tem um carácter cumulativo e continuista: a ciência é um conjunto de conhecimentos acumulados; os novos conhecimentos devem-se a reformulações/completamento dos conhecimentos anteriores devido à acumulação de factos derivados de observações/experimentações cada vez mais aperfeiçoadas; (Q7,160,170)	.O método científico é um método constituído pelas seguintes etapas hierarquicamente organizadas e bem definidas: observação dos fenómenos, formulação de hipóteses, verificação experimental das hipóteses e conclusões, com vista a uma generalização, à teoria científica. (Q1,14,22; Q8,172,174; Q9,218,220)
	.O processo de evolução da ciência é unívoco (contínuo) mas não é linear, é uma evolução em espiral. (Q6,144; Q7,160)	.A observação de um facto ou, de um fenómeno, é o ponto de partida da actividade científica; serve para formular as hipóteses; as novas observações que surgem desencadeiam a evolução da ciência; (Q7,170; Q8,172,176; Q10,224)
		.A experimentação desempenha um papel central na actividade científica; sem experimentação não haveria actividade científica ("é como um cão-guia para um cego"); serve para verificar/testar as hipóteses. (Q11,208,210,212)

Quadro-síntese das ideias-chave da professora Rosa sobre a Produção do Conhecimento Científico

<u>Entrevista</u>		
Trabalho Experimental na Educação em Ciência		
<u>Ideias de trabalho experimental</u>	<u>Trabalho experimental como actividade de carácter investigativo</u>	<u>Valores educativos do trabalho experimental</u>
.Trabalho experimental é uma actividade em que os alunos manipulam o material e tiram as conclusões; é uma actividade em que os alunos assumem o papel de cientistas; (Q12,230,234)	.O trabalho experimental deve (tem de) reflectir as características do trabalho científico; deste modo os alunos observam a evolução dos conceitos; (Q13,250,252)	.Promover a compreensão e aprendizagem dos conteúdos científicos; pressupõe que o trabalho experimental permite fazer a ligação da disciplina ao real e mostrar o que vem nos livros; (Q12,228,234,236; Q15,288; Q16,294)
.O trabalho experimental pressupõe a existência de um guião fornecido pelo professor, com as indicações necessárias para os alunos fazerem as experiências; (Q12,234)	.O trabalho experimental como actividade de carácter investigativo é uma actividade experimental que se processa de acordo com a sequência de etapas do método científico: observação, hipóteses, experimentação, conclusões; (Q13,250,260,262; Q14,282) .Numa actividade investigativa os alunos investigam qualquer coisa; analisam um fenómeno e interrogam-se sobre esse fenómeno; uma forma de a implementar seria os alunos realizarem as experiências sem o professor lhes dar informação sobre o conteúdo envolvido e a partir dos valores obtidos, organizar um debate para extrair informações sobre esse conteúdo; (Q14,264,266,278)	.Promover o interesse pela escola e pela disciplina; pressupõe que os alunos preferem as aulas experimentais do que outro tipo de aulas e que o trabalho experimental permite fazer "publicidade" da informação que se quer passar; (Q12,228; Q15,288,294)
.O trabalho experimental é uma actividade de repetição de experiências que os cientistas fizeram; está sempre ligado a um conteúdo de ensino. (Q12,230,233)	.O trabalho experimental pressupõe a utilização de um guião com a descrição do fenómeno, a listagem do material necessário e quadros para registo dos resultados, etc.; serve para dar pistas aos alunos. (Q13,260; Q14,266,270,272,278,282)	.Desenvolver a capacidade crítica dos alunos; (Q13,258; Q16,292) .Favorecer o desenvolvimento da autonomia e de atitudes de responsabilidade e de solidariedade. (Q16,292)

Quadro-síntese das ideias-chave da professora Rosa sobre o Trabalho Experimental na Educação em Ciência

<u>Observação de Aulas</u>						
Estrutura global das actividades experimentais	Natureza do Processo				Papel das actividades experimentais	
<u>Rotina</u>	<u>Elementos característicos</u>	<u>Papel do professor</u>	<u>Papel dos alunos</u>	<u>Características do processo</u>	<u>Funções e Objectivos</u>	<u>Tipos de actividades</u>
.Referência ou não das variáveis em jogo na situação em estudo; .Distribuição da ficha experimental e material necessário; .Execução da ficha experimental pelos alunos em grupo; .Análise dos resultados experimentais.	.Execução de um procedimento experimental; .Análise dos resultados experimentais; .Elaboração de conclusões	.Controlo total sobre todas as fases de desenvolvimento da actividade: -prof. define domínio e objectivo do trabalho, concebe o plano experimental; indica variáveis a medir/observações a fazer; orienta a execução da ficha experimental; faz a análise dos resultados e tira as conclusões.	.Em grupo executam a ficha experimental com a ajuda da professora; .Respondem às questões que a prof. coloca; .Registam no caderno o que se diz ou faz no quadro.	.Processo definido pela professora na ficha experimental; .Processo altamente estruturado, com instruções precisas para a realização da actividade	."Descobrir" noções teóricas (obter dados para inferir relações). A 1ª actividade teve como função a identificação de variáveis e inferência de relações para definição de um princípio teórico; A 2ª actividade destinou-se a aprofundar os saberes dos alunos sobre uma noção teórica (1ª parte) e a "descobrir" um processo de adição de forças.	.Actividades de "descoberta".

Quadro-síntese de dados de observação da prática em sala de aula da professora Rosa