

Universidade de Évora
Departamento de Pedagogia e Educação
2003

O ensino aprendizagem da Luz

contributo da História das Ciências
para a sua valorização

Maria José Carvalho Carrasco Godinho Mariano

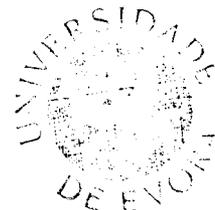
Sob a orientação da
Professora Doutora Mariana Valente

Universidade de Évora
Departamento de Pedagogia e Educação
2003

O ensino aprendizagem da Luz

contributo da História das Ciências
para a sua valorização

Maria José Carvalho Carrasco Godinho Mariano



143 837

Dissertação apresentada à Universidade de Évora para cumprimento dos requisitos necessários à obtenção do grau de Mestre em Educação – Especialidade de Supervisão Pedagógica, realizada sob a orientação científica da Professora Doutora Mariana de Jesus Pedreira Valente

Resumo

A interrogação “Como constroem os cientistas o seu conhecimento?” parece-nos poder surgir como um referencial num ensino e numa aprendizagem que se pretendem cada vez mais reflexivos, face aos desafios das novas finalidades em educação.

Estamos, assim, convictos de que a História das Ciências pode ajudar os alunos e os professores a construírem uma imagem da ciência e do cientista mais “real” e mais estimulante. Ela torna-se num instrumento valioso para evidenciar o sentido e o significado do conhecimento e transformar a nossa relação com esse conhecimento

Tendo como pressuposto que a história da luz encerra em si próprias potencialidades para desenvolver o gosto pela ciência, e pela física em especial, optámos por centrar a nossa atenção sobre a sua abordagem e, mais concretamente, sobre a origem das cores.

A escolha desta temática deve-se ao facto de a sua história estar povoada de gestos, ideias, discussões que se poderão tornar num valioso instrumento pedagógico.

Com o conhecimento construído utilizando a História das Ciências elaborámos um contraste à “evidência” com que o conhecimento sobre a origem das cores aparece nalguns manuais escolares do 8ºano. Com efeito, estes fazem a economia da imaginação e da enorme discussão que uma nova ideia suscita.

Assim, no sentido de tentar suscitar o interesse e desenvolver o gosto pela ciência utilizámos com os nossos alunos algumas narrativas baseadas na História das Ciências. No pressuposto que a construção das narrativas poderá constituir uma via importante na (trans)formação do professor /investigador, a construção da narrativa histórica foi um dos objectivos importantes do nosso trabalho.

Abstract

The question “How do scientists build their knowledge?” seems to us that it may appear as a reference in a teaching and in a learning that are wanted more and more reflexive in view of the challenges of the new aims in education.

So, we are assured that the History of Sciences may help students and teachers to construct a more “real” image of the science and of the scientist, being able to offer the opportunity of becoming aware of the different ways of giving sense to the knowledge, mainly to the scientific one, in the course of time, and to contribute to the individual change / transformation, specially through investigation.

Having in mind the assumption that the history of light contains itself potentialities that are able to develop the liking for science, and for Physics particularly, we decided to concentrate our attention on its approach and, more concretely, on the origin of the colours.

The selection of this thematic (subject) is due to the fact that its history is full of gestures, ideas, discussions that may become a precious pedagogical instrument.

Based on the acquired knowledge, we were able to contrast with the “evidence” with which the knowledge of colours appears in the 8th grade school textbooks. They do the economy of the imagination and of the huge discussion that a new idea promotes “avoiding” the “stories” of their protagonists.

So, in a way of trying to promote the interest and developing the liking for science, we use with our students some narratives based on the History of Sciences.

In the assumption that the construction of these narratives may establish an important way in the trans(formation) of the teacher / investigator, the construction of the historical narrative was one of the important aims of our work.

Agradecimentos

Os percursos não se fazem sozinhos.

Nem sozinhos nem sempre acompanhados. São um misto de períodos de reflexão, que podem ser feitos de forma individual ou colectiva, com períodos de partilha de conhecimentos e vivências, de discussão de ideias e formas de actuação. Por isso não podemos deixar de agradecer àqueles que nos ajudaram a percorrer os caminhos que nos levaram a realizar este trabalho e a conceber o desenvolvimento e a aprendizagem tal como os vemos hoje.

No nosso processo de desenvolvimento pessoal e profissional, tiveram particular destaque os professores estagiários, as pessoas com as quais convivemos no âmbito da orientação de núcleos de estágio e os nossos alunos. Com eles construímos muitos dos nossos saberes e, em muitos momentos dum caminho longo foram eles que nos estimularam a continuar. Sem eles, nada do que somos permaneceria exactamente igual e certamente teríamos aprendido menos.

Os nossos familiares demonstraram apoio e compreensão e, sobretudo, paciência nos inúmeros momentos de muita indisponibilidade, enquanto elaborávamos este trabalho.

Deixamos, no entanto, o nosso obrigado muito especial à Professora Doutora Mariana Valente pela riqueza de pensamento, pelo entusiasmo e pelo apoio.

Índices

Índice Geral

Resumoii
Abstract	iii
Agradecimentos	iv
Índices	v
Índice Geral	vi
Índice de Figuras	viii
Introdução	1
Primeira parte – Enquadramento teórico	10
Capítulo I: O papel da investigação na formação.....	11
Investigar, o que é?	12
O professor: investigado ou investigador?	15
A investigação na escola	18
A investigação nas práticas de formação	21
Em síntese	31
Capítulo II: Educação científica e cidadania	32
A dimensão Ciência, Tecnologia e Sociedade (CTS) no ensino das ciências	37
Resolução de Problemas	42

Educação em Ciências e trabalho experimental	48
História(s) das Ciências e cultura científica	53
Valor educativo da narração	71
Breve reflexão - Coincidência entre os tempos da formação e da acção ..	77
Segunda parte - Desenvolvimento da problemática	79
Capítulo I: Acerca da investigação em Ciências da educação.....	80
Capítulo II: A nossa investigação	87
Os objectivos	88
O contexto	88
Questionamento e sua pertinência	91
A problemática da nossa investigação	92
Corpus de investigação	93
Sobre o método.....	93
Capítulo III: Corpus da investigação e categorias de análise	98
Os manuais escolares	99
A História das Ciências no manual escolar	101
Ponto de partida	102
Onde se justificam as opções	108
Terceira parte - Análise e interpretação dos dados	113
Capítulo I: A nossa análise dos manuais escolares	114
1. Ideia implícita de ciência	115

2. A utilização da História das Ciências no manual escolar	132
3. O valor pedagógico da História das Ciências	137
4. Outros aspectos	143
Considerações gerais	146
A narrativa	153
Onde tudo começa	154
Da primeira gota de água de laboratório ao prisma de Newton	156
Reflexão final	177
Bibliografia	184
Anexos	194
A experiência vivida com o terceiro ano	195
O ponto de partida dos alunos do 8º ano	197
O questionário e as impressões resultantes.....	199

Índice de figuras

Figura 1 – Componentes da análise de dados: Modelo de Flux	82
Figura 2 - Componentes da análise de dados: Modelo Interactivo	84
Figura 3 – Desenho do arco-íris	156
Figura 5 – Esquema aristotélico da formação do arco-íris	157
Figura 5 – Mosaico da catedral de Cefalú	158
Figura 6 – Desenho da “produção” do arco-íris num jacto de água	160
Figura 8 – Fotografia de uma teia orvalhada	160
Figura 9 – Esquema da formação do arco-íris, segundo Theodoric de Freiberg	162
Figura 10 - Esquema da formação do arco-íris, segundo Theodoric de Freiberg	162
Figura 11 – Imagem de uma pintura de Vinne	164
Figura 12 – Diagramas representativos da formação dos arco-íris, segundo Descartes ..	165
Figura 13 – Esquema de Newton da primeira experiência	167
Figura 14 – Desenho de Voltaire	168
Figura 14- O interesse pela produção de cores. AKG Paris	169
Figura 15... Esquema da experiência crucial	171
Figura 16 – A capa da primeira publicação de Optics.....	173
Figura 17 – Imagem de uma pintura de Pittoni sobre o prisma de Newton.....	175

INTRODUÇÃO

Penso que só há um caminho para a ciência ou para a filosofia: encontrar um problema, ver a sua beleza e apaixonar-se por ele; casar e viver feliz com ele até que a morte nos separe – a não ser que encontre um outro problema ainda mais fascinante, ou, evidentemente, a não ser que obtenhamos uma solução. Mas, mesmo que obtenhamos uma solução, poderemos então descobrir, para nosso deleite, a existência de toda uma família de problemas – filhos, encantadores ainda que difíceis, para cujo bem-estar poderemos trabalhar, com um sentido, até ao fim dos nossos dias.

Karl Popper

Algumas reflexões de Popper, de que apresentamos um pequeno excerto em epígrafe, encontraram eco em nós, por nos parecerem contrastar com a forma como a maioria das vezes é apresentada a ciência aos nossos alunos e como os nossos alunos encaram a ciência e os cientistas. A origem problemática do conhecimento científico está praticamente ausente do conhecimento científico escolar. Este é ainda apresentado, muitas vezes, de uma forma dogmática e outras, de forma empirista ingénua, decorrendo naturalmente da observação do mundo natural. Como promover uma relação com o conhecimento que se aproxime mais destas palavras de Popper?

Vivemos numa sociedade tecnológica onde a cultura científica é cada vez mais essencial para um verdadeiro exercício da cidadania. O poder da ciência mal colocado leva, na nossa sociedade a um cientismo que mais não é do que a submissão a um dogma dos novos tempos. Só compreendendo o processo de construção do conhecimento científico poderemos ter uma consciência mais clara do seu poder e dos seus limites e só por aí poderemos apreciar a beleza de que Popper nos fala.

Estes dois aspectos foram determinantes para o nosso questionamento e para a orientação que demos à nossa investigação.

Muitos investigadores no âmbito da educação científica apontam para a importância da natureza do conhecimento científico. Nós pensamos que os aspectos relacionados com a natureza do conhecimento científico têm de estar associados a um conteúdo onde, através da História e Filosofia das Ciências possamos exibir alguns passos na construção desse conhecimento.

A transformação do professor no sentido de poder introduzir esta dimensão exige que o professor adquira conhecimentos e métodos de trabalho que o possam (trans)formar como investigador ao longo da vida.

Com efeito, o professor, um elemento fulcral para o processo de ensino/aprendizagem é, muitas vezes, esquecido quando se preconizam novos currículos, novas tecnologias, novas condições. É o professor que funciona como elo de ligação entre o “mundo da ciência” e o dos alunos, influenciando a imagem que dela o aluno vai construindo. O próprio currículo, no dizer de Brunner (1998: 13), “*é mais para os professores do que para os alunos*”, pois que “*se não conseguir mudar, movimentar, perturbar e informar os professores, não terá efeito nos que vão aprender*”. Assim, qualquer mudança que se preconize, se exercer efeito sobre os alunos será por tê-lo exercido sobre os professores.

É tendo consciência de que o professor, enquanto profissional que constrói a sua própria realidade e que gere autonomamente o seu próprio espaço de acção (Hargreaves, 1998; Cachapuz et al, 2000) estará no centro das atenções, para que possa haver efeito sobre os alunos, que se desenvolve o presente estudo.

A frequência do Curso de Mestrado em Educação, variante de Supervisão Pedagógica, proporcionou um contacto com conceitos, perspectivas e textos que, muitas vezes são

constitutivos de uma cultura que existe ao lado da cultura dos que se interessam pelo ensino das ciências. Por outro lado, a vivência de trabalho no ensino básico e secundário, aliada à orientação de estágios pedagógicos, levou a que a nossa atenção se focasse em problemáticas centradas na realidade da sala de aula, nas suas dificuldades e algumas potencialidades. Neste contexto apercebemo-nos que as nossas concepções sobre a ciência (e as concepções de grande parte dos docentes, de acordo com Fernandez et al, 2002), a miúdo se limitam quase a uma simples transmissão de conhecimentos já elaborados, que os professores de ciências aceitam implicitamente, devido a uma falta de reflexão crítica. Esta visão, que se transmite aos alunos, tal como a recebemos, inclusive na Universidade (Solbes e Traver, 1996), como um conjunto de leis que se deduzem logicamente a partir de uns princípios, não só deixa na sombra características essenciais da actividade científica, mas contribui para reforçar algumas deformações, como o suposto carácter “exacto” das ciências, ou a sua visão aproblemática, não ressaltando como uma construção de conhecimento. Valadares (1999: 515) cita Bento de Jesus Caraça que, em 1941, afirmava, referindo-se às atitudes face à Ciência:

Ou se olha para ela tal como vem exposta nos livros de ensino, como coisa criada, e o aspecto é o de um todo harmonioso, onde os capítulos se encadeiam em ordem, sem contradição. Ou se procura acompanhá-la no seu desenvolvimento progressivo, assistir à maneira como foi sendo elaborada, e o aspecto é totalmente diferente – descobertas, hesitações, dúvidas, contradições, que só um longo trabalho de reflexão e apuramento consegue eliminar para que logo surjam outras hesitações, outras dúvidas, outras contradições.

Descobre-se ainda qualquer coisa mais importante e mais interessante: no primeiro aspecto a Ciência parece bastar-se a si própria, a formação de conceitos e das teorias parece obedecer só a necessidades interiores; no segundo caso, pelo contrário, vê-se toda a influência que o ambiente da vida social exerce sobre a criação da Ciência.

Nesta perspectiva a ciência aparece “impregnada de condição humana”, com potencialidades e fraquezas, imagem que enriquecerá o professor que dela se apropria, ao mesmo tempo que se apropria de instrumentos que lhe permitem discutir alguns aspectos sobre a natureza

do conhecimento científico, enriquecendo-se, por esta via como um professor reflexivo. Note-se que a referência à formação de professores reflexivos surge cada vez mais na literatura como um dos caminhos possíveis para enveredar no sentido das mudanças qualitativas que se pedem aos professores, em especial de ciências, quase de modo espontâneo e à sua própria custa. Consequentemente, há que conceber um processo formativo em que o professor incorpore metodologias que o ajudarão ao longo da vida a desenvolver questionamentos relevantes e a elaborar respostas a esses questionamentos.

De acordo com estas preocupações o trabalho a desenvolver não poderia restringir-se a estudos de caracterização do que se passa na escola e na sala de aula sem, no entanto, deixar de lhes reconhecer importante valor. Assumimos que *“cumprir programas é cumprir não só em conhecimento científico, mas em toda a sua abrangência”*¹ e que, na senda do pensamento de Bruner (2000), tudo o que é possível fazer pelo aluno caminhando para a formação de uma visão pessoal é ajudá-lo e animá-lo no seu percurso. Assim, procurámos encaminhar o nosso trabalho também como uma autoformação, preconizando uma prática reflexiva/investigativa.

Dirigindo a nossa atenção para uma temática em especial, fixámo-nos na “Luz” por estarmos convictos que constitui uma oportunidade de introdução de alguns aspectos importantes nos processos de desenvolvimento do conhecimento científico, encerrando em si um potencial formativo importante, e permitindo exibir alguns passos imaginativos na construção do conhecimento. O interesse pela Luz e a produção de conhecimento nesta área atravessam diferentes épocas, diferentes culturas e diferentes sensibilidades. Algumas incursões históricas acerca da luz permitem-nos acompanhar desde a emergência do método experimental, até à abrangência cultural de um método mítico para revelar harmonias da natureza. Acompanhar a história da luz tanto pode ser acompanhar os modernos aparelhos de espectroscopia desde os seus

¹ De acordo com Nilza Costa, no 1º Encontro de Professores - Homenagem a Rómulo de Carvalho.

antepassados prismas de Newton, já que a moderna ciência é descendente directa da decomposição do arco-íris, como pode ser o acompanhamento do rebate a afirmações como as de Keats, que se queixava que Newton tinha destruído a poesia do arco-íris ao explicá-lo.

Nesta linha de ideias, estruturalmente, o presente trabalho apresentar-se-á em duas partes essenciais: a primeira parte inclui uma revisão de literatura acerca de algumas questões consideradas por nós fundamentais e encontra-se dividida em dois capítulos.

O capítulo I pretende encontrar alguns conceitos que nos ajudem a perspectivar um professor de ciências reflexivo. No capítulo II, revêem-se algumas linhas de investigação em ensino das ciências, tendo em conta que é premente que o professor, e em especial o de ciências, além dos conteúdos da disciplina que lecciona, tenha alguma sensibilidade para as questões actuais e que acompanhe as ideias principais presentes nos vários modelos referidos na literatura.

Na segunda parte, apresentaremos a nossa problemática e os métodos de trabalho, justificando-os de acordo com a natureza do nosso questionamento.

Iremos enveredar por questões relativas à utilização de um conjunto de estratégias em sala de aula, aproveitando conhecimentos de História das Ciências, para o ensino básico, concretamente ao nível do 3º e 8º anos de escolaridade, como estudo exploratório, recorrendo à utilização de uma narrativa, construída da forma descrita na metodologia.

É no 3º ano de escolaridade, ao nível do Estudo do Meio que são introduzidos alguns conceitos físicos e é no 8º ano de escolaridade, por volta dos 13 – 14 anos, que os alunos são

confrontados, pela primeira vez, e formalmente, com a disciplina de Ciências Físico-Químicas². Inicialmente, se forem questionados, a maioria dos alunos demonstra curiosidade e expectativas elevadas sobre a disciplina. Verifica-se, no entanto, que é também nesta altura que alguns se desinteressam e passam a considerar a disciplina como “um caso perdido”. No sentido de não gorar as expectativas, de tentar promover a curiosidade e a imaginação dos alunos, ligá-los à natureza e ao conhecimento, centrando o ensino no próprio aluno, propõe-se o professor actuar como um foco de dinamização e de promoção de interesse pela disciplina.

Por outro lado, assume-se o professor como um investigador/innovador da sua própria prática lectiva segundo uma postura reflexiva.

“Afunilando” um pouco a temática optámos por centrar a nossa atenção sobre a abordagem da luz, e mais concretamente da origem das cores, no 1º ciclo (3º ano), como uma “life-experience” que serviria de estudo exploratório, e no 3º ciclo (8º ano), por razões já expostas. Esta opção prende-se com a nossa convicção de que poderíamos juntar alguns ingredientes que valorizem a temática aproximando-a do “caminho” preconizado por Popper no texto em epígrafe.

Nesta perspectiva, procuraremos aperceber-nos do ponto de partida dos nossos alunos, através da aplicação de um questionário e respectiva “leitura”, que apresentaremos em anexo, enveredando, depois, pela leitura e análise do capítulo “Luz e Visão” dos manuais escolares à disposição no mercado, dedicando a nossa atenção essencialmente a seis manuais, no sentido de explorar qual a imagem de ciência e do cientista que o manual veicula, a que temas de incidência social recorre, que referências ao contexto utiliza. Pretendemos igualmente perceber qual a visão de ciência implícita nos manuais escolares, tendo em conta que:

² Note-se que a partir do ano lectivo de 2002/2003, com a entrada em vigor das novas orientações de Gestão Flexível do Currículo, as escolas têm a possibilidade de incluir as Ciências Físico Químicas no 7º ano de escolaridade.

The debate about “what is science” is very up to date particularly because of the claims that, in order to reach scientific literacy, is not enough to communicate the contents of scientific disciplines but also to convey to students epistemological aspects.

Vicentini (1998:9)

A opção pela História das Ciências prende-se com a nossa convicção de que a mesma poderá ter um contributo importante no ensino, e em especial no ensino da luz, temática que, nos parece poder ser uma chave importante para o desenvolvimento do gosto pelo conhecimento científico.

Acresce que o interesse pela Luz e a produção de conhecimento nesta área se manifestam das mais variadas formas ao longo dos tempos, cruzando diferentes sensibilidades e culturas.

Considerando que a visão positivista da ciência que herdamos do século XIX finalmente parece recuar, e que uma perspectiva mais englobante da ciência como uma actividade humana, se vai tornando predominante, podemos tentar, na educação, estabelecer também uma concepção mais equilibrada da aprendizagem e do pensamento infantis. Podemos proporcionar às crianças objectos de reflexão que desafiem e estimulem as potencialidades imaginativas que utilizam no seu modo de pensar.

Egan 1994:32

Ao centrarmos a investigação nesta temática pretendemos evidenciar o seu valor educativo tentando encontrar situações históricas interessantes e “experimental”, com alunos do 3º e/ou do 8ºano, a utilização de algumas narrativas de situações relevantes criadas a partir da História das Ciências, na senda das ideias de Bruner, que realça o valor da sua introdução no ensino/aprendizagem das ciências. Estas narrativas foram exploradas na unidade “Luz e Visão”, considerando importante que o conhecimento produzido contribua para a melhoria das práticas lectivas.

Não foi nosso objectivo avaliar estas estratégias mas apenas sentir se elas funcionam. A maior parte do nosso trabalho constitui-se no desenvolvimento da narrativa histórica que se utilizou com os alunos. Esta narrativa pretende dar resposta ao nosso questionamento e produzir

um contraste com a “evidência” com que o conhecimento científico aparece na maioria dos manuais escolares.

Finalmente, apresentaremos a listagem das referências bibliográficas utilizadas no texto, que pretendem seguir as normas APA e com os anexos julgados convenientes.

Chamamos ainda a atenção para o facto de, sempre que possível, introduzirmos transcrições, na língua da obra de onde foram retiradas, para além das citações, por pretendermos valorizar o modo de dizer dos próprios autores.

Primeira parte: enquadramento teórico

Capítulo I: O papel da investigação na formação

Investigar, o que é?

Se é verdade que ensinar é uma sabedoria
e disso estou cada vez mais convicta,
não menos relevante será afirmar que
a investigação deve alimentar essa sabedoria.

Maria Odete Valente

Desde os primórdios da humanidade os fenómenos naturais geraram uma atitude de interesse e curiosidade, que levaram a uma interacção singular com o meio natural no sentido de construção de conhecimento. Para tentar entender os “mistérios” o homem pode recorrer, de acordo com Mouly, citado por Cohen e Manion (1990: 23) “*a três amplias categorias: experiência, razonamiento e investigación*”.

A primeira, a experiência, estará relacionada com as fontes de informação a que se pode recorrer para resolução de um problema. Assim, a fonte de informação mais próxima é a própria experiência, a partir da qual se alicerçam conhecimentos e habilidades, fruto da interacção com o meio.

Nesta linha de pensamento e no âmbito da teoria Piagetiana, uma criança que se desenvolve aprende, procurando compreender o mundo agindo sobre ele, através da sua experiência.

Se a experiência pessoal se revela insuficiente para resolução de um problema surge a necessidade de procurar outras fontes, tal como a criança recorre aos seus pais, ou outros adultos e um adulto pode recorrer a um “especialista” ou “autoridade” num determinado assunto. A este respeito a diferença principal entre a procura de conhecimento do cidadão comum e do cientista é que “*el científico construye sus teorías cuidadosa y sistemáticamente*” (op.cit., pp 24) e

consciente de la multiplicidad de causas para un suceso dado, recurre a técnicas y procedimientos definidos para aislar y probar el efecto de una o más de las causas alegadas.

O outro recurso para a compreensão da realidade, o raciocínio, pode ocorrer sob a forma de dedutivo, indutivo ou indutivo-dedutivo e analógico.

O terceiro meio pelo qual o homem constrói conhecimento é a investigação. Kerlinger citado por Cohen e Manion (1990: 27) define-a como sistemática, controlada, empírica e crítica de proposições hipotéticas acerca das relações presumidas entre fenómenos naturais.

Perrenaud (1993: 119) vai mais longe,

Investigação significa então: vontade de compreender, de elucidar, de descobrir mecanismos ocultos, causas, interdependências; trabalho aberto, criativo, de resultado incerto; mistério estimulante, aventura intelectual; invenção ou adaptação de métodos de observação e de análise; confronto de pontos de vista, resolução de conflitos sociocognitivos.

Se para as crianças a aprendizagem começa com a experiência do mundo, para os adultos a experiência e a curiosidade espontânea não é suficiente, imagina-se um “projecto de investigação”, uma forma entre outras de definir uma tarefa estimulante no âmbito de uma pedagogia activa (Perrenaud, 1993).

Poderá haver o risco de confusão entre investigação -etapa cognitiva com investigação -prática social numa comunidade científica.

Para Perrenaud (1993) isto acontece porque há analogias, o que obriga a reconhecer as semelhanças e as diferenças, indo buscar-se à investigação, como prática social, certas características que dão sentido, finalidade, e métodos à actividade de formação enquanto processo cognitivo. Segundo o mesmo autor podemos esperar efeitos benéficos na prática de investigação

nos aspectos que concernem a uma divisão mais fina e analítica da realidade, pelas habilidades cognitivas que se vão apropriando, considerando que a investigação:

- obriga a escutar e a olhar com mais atenção.
- ajuda a ver muito melhor aquilo que está escondido, o recalcado, o não-dito
- obriga a ter em conta a diferença e a diversidade
- relativiza as evidências do senso comum.

Tratam-se, assim, de qualidades que o professor investigador poderá desenvolver incorporando-as na sua prática diária.

O professor: investigado ou investigador

Quando pensamos na palavra “investigação”, vem-nos, de modo geral, a ideia de que só as pessoas com anos de treino adquirido nas universidades ou instituições de investigação podem conduzir uma investigação. A outra ideia que, frequentemente, lhe está associada é a de que a investigação é independente e objectiva, exterior ao “objecto” em estudo.

Por outro lado, sentimos, como professores que a investigação educacional, muitas vezes, se afasta das preocupações com que os profissionais no dia a dia se confrontam, dando respostas apenas às preocupações do investigador. A relação investigador - professor surge nesse quadro caracterizada por um distanciamento e separação a quase todos os níveis, algo bem expresso nas palavras de Gimeno, citado por Pacheco (1995:34):

O investigador vai à realidade para recolher dados e afasta-se depois para elaborar as suas conclusões que os professores não chegarão a conhecer. O professor é, por sua vez, reticente para com os que querem estudar essa realidade.

Nesta postura, a investigação desenvolve-se “à revelia” da prática, sendo o professor completamente passivo, apesar de se pretender que a acção do investigador venha, posteriormente, a ter efeitos na prática do professor.

O que se procura na maior parte destas investigações? Apenas diagnósticos?

Uma uniformização do trabalho dos professores e das posturas dos alunos?

Uma uniformização dos métodos de investigação?

Muitas vezes resultam em normativos pretendendo-se melhorar o “rendimento” se não real pelo menos estatisticamente. No dizer de Pacheco (1995:35),

São exemplificativos os programas de formação de professores que privilegiam o saber-fazer (...) O ensino é visto como uma habilidade, uma técnica que se adquire

mediante o treino e se aplica indistintamente em diversas situações já que a eficácia depende do professor e dos alunos e não do contexto em que se insere.

Nesta perspectiva mais quantitativa, o processo ensino-aprendizagem aparece-nos muito limitado a actividades e comportamentos observáveis e “passíveis de medição”. A intervenção pedagógica directa do professor, por seu turno, desenvolve-se, em suma, quase “de costas viradas” a qualquer avanço alcançado pela investigação, quer por desconhecimento, quer por impossibilidade de aplicação “no terreno”.

Nos últimos anos com a crescente aceitação do paradigma qualitativo por parte de muitos investigadores surgiram métodos e técnicas de investigação integrados nos processos de ensino e aprendizagem e nos seus contextos, através de metodologias de investigação-acção.

Esta metodologia, de acordo com Gimeno, citado por Esteves (2002) é o tipo de investigação cujos resultados são susceptíveis de provocar a transformação da postura do professor, pela estreita relação entre a teoria e a prática.

Aceita-se que, idealmente a investigação em educação terá sempre de articular a teoria e a prática, por meio de cooperação entre elas. Os professores enfrentam, aliás, muitos problemas sempre que a teoria e a prática se encontram rigidamente separadas.

No momento actual, de competitividade global, em que se põe em questão a maneira como estamos a preparar as gerações do futuro, em que os professores estão a ser pressionados pela própria sociedade no sentido de trabalhar para que os alunos melhorem os seus desempenhos ao nível das competências básicas, uma maior articulação teoria-prática seria premente.

Acrescente-se ainda que estamos perante uma classe profissional que nos parece muito resistente a qualquer mudança. Muitas inovações não fazem sentido para quem considera o “mundo real” como absoluto, quase imutável ou dificilmente modificável.

Por outro lado, de um modo geral, a postura do investigador aparece demasiado teórica e teorizada, desligada do contexto real, não sentindo os professores que a sua situação é ali retratada. Na opinião de Bogdan e Biklen (1994) os professores que participam nas investigações não sentem que têm uma importância na construção e na criação de significados trabalhados nessa investigação.

Entendendo este sentir alguns pensadores, entre os quais Mialaret advogam a integração dos professores, qualquer que seja o grau de ensino em que exerçam, em equipas de investigação. Estrela (1984: 27) afirma mesmo:

O progresso das Ciências da Educação dependerá muito da integração dos professores nas equipas de investigação, ultrapassando atitudes de desconfiança mútua.

Nesta linha de ideias a integração dos professores nas equipas de investigação poderá levar a olhar para problemas mais próximos da realidade escolar, levando a um envolvimento dos professores por verem a sua realidade a ser estudada, portanto, com mais hipóteses de integração de novas ideias na sua actividade e de um maior fluxo de ideias, tanto no sentido investigação - professor, como no sentido professor - investigação.

Por outro lado, a integração de professores em equipas de investigação científica, proporcionando-lhes novos desafios, oportunidades de actualização, de ligação entre “dois mundos”, de reconstrução das imagens da ciência e do cientista e até mesmo de distinção entre o trabalho de sala de aula e do cientista, colaborando na resolução de problemas terá de reflectir-se na acção dos professores junto dos seus alunos.

A investigação na escola

Com a constatação de que os resultados das reformas educativas impostas de cima, com base num esquema meramente legislativo não produzem os resultados pretendidos, a atenção dos intervenientes na acção educativa terá que se voltar para as pequenas reestruturações locais. Isto tendo em vista a resolução de problemas ao nível das escolas e a adequação do projecto educativo às necessidades dos alunos, das famílias e das comunidades de pertença. É preciso “*deixar de lado o país do Diário da República para passar ao Diário das Escolas e ao trabalho que ali se faz*”.³

O mundo de hoje coloca diariamente aos profissionais da educação novos desafios e exige-lhes novas posturas e contínua actualização e formação.

Algumas teses recentes confluem no sentido de conceptualizar o professor como profissional crítico e, em certa medida, autónomo, que exerce a sua profissão como “*investigador na aula*” (Gimeno citado por Esteves, 2002) redefinindo o próprio conceito de competência docente e colocando a necessidade de um quadro de formação coerente. Gimeno defenderá também, de acordo com estes princípios (op. cit.) que se confie aos professores o papel de definidores activos da qualidade de ensino e não de meros executores e consumidores de princípios que eles não elaboraram.

De acordo com as teses subjacentes às pedagogias activas, aprende-se, fazendo; os conhecimentos constroem-se e só são realmente úteis se mobilizáveis, pelo que a participação numa investigação pode ajudar essa apropriação activa dos conhecimentos científicos, induzindo necessariamente a uma interacção entre os saberes e a realidade.

³ Afirmção proferida por Marçal Grilo e publicada no jornal Publico de 4 de Julho de 1998.

Se entendermos o desenvolvimento do professor como um processo em contínuo evoluir, envolvendo três dimensões fundamentais que se articulam entre si: uma vertente do “saber”, uma vertente do “saber fazer” e uma vertente do “saber ser e saber tornar-se” (Oliveira, 1997), poderá a investigação sobre as práticas, e concretamente a implementação de um projecto de acção-investigação, repercutir-se em mudanças significativas para a profissão docente, através da mudança/transformação nos próprios professores, pelo desenvolvimento de qualidades que poderão fazer parte do seu “património”.

E como poderá ocorrer essa mudança / transformação?

De acordo com Perrenaud (1993), ao assumirmos uma atitude de investigação, somos obrigados a ver a realidade de forma diferenciada, através de uma divisão mais analítica. “*A investigação obriga a escutar e a olhar com mais atenção*”, já que nos obriga a documentar e a controlar observações. Ainda segundo o mesmo autor, “*a investigação ajuda a ver melhor aquilo que está escondido, o recalcado, o não dito*”, colocando questões que não têm lugar no quotidiano, pondo em realce fenómenos dissimulados ou mesmo censurados. Para além disto, obriga a ter em conta a diversidade e a diferença, desocultando pessoas, práticas e atitudes que fogem às “normais” e relativizando as evidências do senso comum, já que obriga a ter em conta outras evidências e coerências, em suma, outras visões do mundo.

Encarando outra perspectiva, não podemos esquecer que este tipo de projecto suscita a necessidade de o professor confrontar as suas práticas com as de outros colegas e os referenciais teóricos com os de outros actores/investigadores, revestindo-se de um potencial formativo fundamental para o desenvolvimento profissional do professor. A formação desenrola-se não distanciada do contexto, como surge na maioria das situações ditas de formação, mas numa estreita ligação e envolvimento com as actividades que o docente desenvolve.

A formação desenrola-se assim, naturalmente, numa articulação directa entre as questões, dúvidas e problemas suscitados pelas vivências da prática e o confronto com a análise crítica dos contributos que a teoria e a investigação produziram nessa área.

Oliveira (1997:97)

Considerar-se-á, neste âmbito, a importância do contexto no conhecimento profissional da docência, constituindo uma parte aberta e renovável. Essa parte aberta, a dimensão do *não saber* (Sá Chaves, 1997), da impossibilidade de saber tudo, em vez de fragilizar o saber profissional, poderá fortalecê-lo, sendo indispensável para a tomada de decisões.

Entre os percursores da concepção de professor como investigador haverá que colocar L. Stenhouse e J. Elliot referidos por Esteves (2002: 122) segundo os quais:

...a investigação guia a acção gerando investigação na acção, investigação que significa indagação sistemática guiada por curiosidade, em revisão constante e contrastada com a dos outros promotores da investigação.

Elliot, de acordo com Esteves (op. cit.) terá desenvolvido a concepção do professor como profissional autónomo que investiga reflectindo sobre a sua prática.

Esta importância da prática e dos contextos que a emolduram, bem como dos paradigmas de formação que abandonaram a segurança das certezas dando lugar ao efeito criador das dúvidas e das diferenças leva, no dizer de Sá-Chaves (1997:114), a que:

*...pensar educação é então fazer entrar também no jogo a dimensão de ignorância que, correspondendo à imprevisibilidade contextual da acção prática, só é definitivamente capturável no exacto momento da acção, o que **subentende um exercício reflexivo dialéctico** entre o conhecido e o desconhecido, a produção in loco de **um saber sempre novo, porque único.** (negrito nosso)*

Esta relação entre o conhecido e o desconhecido, a flexibilidade na produção do saber, serão novas qualidades de que o professor investigador se vai apropriando e incorporando na sua prática diária.

A investigação nas práticas de formação

Na formação Inicial

A formação inicial, como uma etapa de uma carreira de educador assume a sua importância preparando o professor para uma realidade em constante mudança.

À luz da Lei de Bases do Sistema Educativo e da análise de princípios gerais de formação Patrício (1993) traça o perfil de formação do professor do ano 2000, referindo-se, precisamente, à importância das funções de investigação e às actividades de investigação educacional.

Piaget, referido por Perrenaud (1993) e Bidarra (1994), terá, também ele, realçado o papel da investigação na formação de professores. Na opinião de Perrenaud (1993) a investigação constitui um modo de apropriação activa de conhecimentos, um dispositivo de pedagogia activa e um modelo de prática reflectida.

Zeichner (1993), por seu lado, releva a importância da investigação na formação de professores, em geral.

Diversos autores têm, pois, vindo a considerar a investigação como uma estratégia de formação que toma significados e práticas diversos, de acordo com o modelo de formação em que se integra (Bidarra, 1994).

Já em 1976, Flanders, citado por M.T. Estrela (1994:10), escrevia o seguinte:

Sugiro que o objectivo prioritário da formação inicial é ensinar o professor principiante a fazer perguntas reflectidas sobre o seu ensino, a elaborar os seus próprios projectos de pesquisa para obter respostas e a conhecer as técnicas necessárias de recolha de dados, de modo a que as respostas sejam tão objectivas e fiáveis quanto possível.

Esta vertente da formação, assim abordada por Flanders, preconiza os novos papéis atribuídos ao professor pelos sistemas de ensino, entre os quais estarão o de investigador e de inovador.

Perrenaud (1993: 120) sustenta que a formação dos futuros professores se deve basear na investigação, já que esta “*induz necessariamente a uma relação activa com os saberes e com a realidade de que pretendem dar conta*” e ajuda a olhar para a realidade de uma forma mais analítica, diversa e divergente do senso comum.

Nestas perspectivas, e de acordo com Patrício (1993), trata-se de proporcionar os meios ou instrumentos que facilitem o seu desenvolvimento pessoal e profissional e estimulem a inovação, ou seja, contribuir para o desenvolvimento do professor-investigador.

Em termos da formação inicial será importante, pois, envolver os professores - estagiários ou futuros professores num processo sistemático de questionamento da própria prática. No dizer de Zeichner (1993) o envolvimento de professores em formação inicial em projectos de investigação-acção tem potencialidades no aumento da sua compreensão do ensino, podendo levar a uma melhoria dos processos de resolução de problemas e a uma maior flexibilidade.

Ponte, citado por Esteves (2002:122), sistematiza as razões que justificam a integração da investigação na formação inicial. Assim, na perspectiva referida, a investigação ajuda a construir conhecimento relevante, obrigando a manusear conceitos, variáveis e hipóteses de maneira profunda e exigente, ajudando a perceber o valor da investigação produzida nas diferentes disciplinas já que “*aprende-se fazendo*”. O mesmo autor afirma ainda a importância da prática de investigação no sentido de desenvolver competências e valores decisivos ao professor, espírito crítico e autonomia.

A ideia de formar professores através da investigação é, também, defendida por Estrela (1984: 26) nestes termos:

O que pretendemos dizer é apenas isto: o professor deverá ser formado através da investigação, não só para desenvolver a atitude experimental exigida pela própria prática quotidiana, como para poder integrar nela os resultados da investigação. Para ter pleno acesso aos resultados da investigação, o professor terá de dominar a terminologia e os processos que a investigação utiliza.

De acordo com Esteves (2002) a problemática dos professores como investigadores tem marcado lugar significativo na investigação e na reflexão sobre a formação de professores, ainda que os autores sejam unânimes em considerar que os modelos e as práticas de formação, tanto inicial como contínua, estão longe de tê-la acolhido generalizadamente.

A formação “contínua”

Para se poder, de facto, passar do Diário da República ao Diário das Escolas é necessário gerar processos inovadores numa escola. No dizer de Patrício (1993), a inovação não deve ser assumida como uma mudança qualquer, antes deve ser encarada como “*a produção intencional... consciente da novidade*”.

Uma estratégia fundamental para a criação de uma atitude de inovação e mudança poderá ser a formação, numa via de investigação, e aperfeiçoamento dos docentes. Mas se esta formação e aperfeiçoamento se cingirem à mera transmissão de soluções preconizadas por outros, a tarefa de propor soluções fundamentadas nos seus problemas ficará muito aquém do necessário a essa inovação. Como salienta Canário (1993):

a acção inovadora dos professores exige que estes mudem não apenas o que fazem, mas o que pensam sobre o que fazem e como fazem.

Da leitura de diversos autores emergem duas perspectivas mais representativas na metodologia da formação de professores: a formação baseada nas competências, apoiada no modelo processo - produto e a formação baseada na indagação e acção crítica do professor.

Este modelo baseado na acção crítica que, na perspectiva de Zeichner (1993) pode configurar demasiado individualismo, quase ignorando a existência de outros agentes permite, segundo outros autores, levar a aprofundar os conhecimentos na acção, a partir da prática real, que define o pensamento - acção, aceitando que a experiência será um “marco” real da transformação do professor, quando submetida à reflexão e quando vinculada à inovação.

Se a formação não partir da reflexão e da necessidade de inovação fará pouco sentido pois *“as teorias aprendidas fora do contexto escolar limitam-se a ficar ao nível da linguagem que cumpre uma função... de prestígio e... de segurança”* (Bidarra, 1994:2), sem modificar a sua prática real, perdendo o seu potencial criativo e regenerador.⁴

Nesta linha de ideias vamos de encontro ao pensamento de Nóvoa (1988) que teme os dois tempos separados: o da formação e o da acção, antes preconizando, para o adulto, uma concepção de formação que permita ao indivíduo “pensar-se na acção”.

A investigação-acção poderá gerar um estilo de pensamento e prática inovadora participativa e aberta, numa perspectiva eventualmente “reconstitutivista” e renovadora, no dizer de Patrício (1993), podendo acontecer *“a mudança possível num dado momento”*.

Convém assumir o “alerta” de Zeichner (1993) para que a formação e o aperfeiçoamento dos professores não seja considerado um assunto privado, de carácter essencialmente pessoal.

A atitude investigadora do professor, no sentido da sua formação e aperfeiçoamento, deve ser pensada num espaço de trabalho colaborativo. Assim, para o mesmo pensador (op cit.), se

⁴ Gimeno (1982), citado por Machado, no texto de apoio à 10ª sessão do Curso de Mestrado em Educação (Supervisão Pedagógica).

pretendemos um verdadeiro desenvolvimento dos professores, temos de rejeitar esta abordagem individualista, antes valorizando a ideia que toda a formação é um processo de apropriação individual que ocorre em permanente interação e confrontação com os outros (Nóvoa, 1988).

Poder-se-á, também, afirmar que se a reflexão e a investigação se se desenvolverem em termos colaborativos provavelmente ajudarão a superar lacunas próprias do isolamento, privilegiando o aperfeiçoamento e a inovação e oferecendo a possibilidade de, em trabalho de equipa, cada professor levar a cabo uma indagação crítica ao seu próprio trabalho.

Na óptica de Oliveira (1997) será de prever que esta tripla vertente acção – investigação - formação possa, de algum modo, reflectir-se tanto ao nível das atitudes como ao nível da mudança das práticas”, levando eventualmente a uma maior flexibilidade e a uma melhoria dos processos de resolução de problemas (Zeichner, 1993).

A investigação em educação apresenta uma grande flexibilidade de adaptação no decurso da sua implementação, pois surge como resposta à necessidade de um processo constante de reflexão, avaliação e inovação no trabalho profissional, afirmando-se como uma extensão da prática reflexiva habitual de muitos professores (Moreira e Alarcão, 1997).

Em resumo, existe uma infinidade de potencialidades de aplicação de investigação-acção havendo reconhecimento, por parte de várias correntes, de duas características que a tornam adequada para aplicar à melhoria da prática dos professores (Cohen e Manion, 1989): possibilidade de ser realizada pelo próprio professor, não se limitando a uma investigação realizada por outrem sobre aquele, e lidar com um problema específico, em determinada situação e contexto, e com a aplicação imediata, ou a curto prazo, dos seus resultados, fazendo convergir os dois tempos (da formação e da acção), de acordo com Nóvoa (1988).



Pensada como estratégia de (trans)formação, a investigação é, em suma, hoje considerada por vários autores, como o principal meio de desenvolvimento profissional do professor. É esse, por exemplo, o caso de M.T. Estrela (1994), como atestam as suas seguintes palavras:

é na Escola e pela acção quotidiana que se revelam as necessidades de formação do professor, se forja a sua identidade profissional e se afina o seu projecto de vida.

A formação de professores segundo o modelo reflexivo

A complexidade das tarefas em que o professor está envolvido obrigam-no a tomar decisões e a processar informação. Independentemente dos paradigmas, das áreas de estudo ou dos modelos de formação que se tomem, o professor tem vivências anteriores e actua em determinado contexto, face aos alunos, dentro de uma escola e de uma comunidade.

É perante este quadro que o professor enfrenta qualquer situação didáctica, a qual encara de diferentes modos, dependendo da sua individualidade psicológica, a partir da qual a interpreta e lhe atribui significado, e dos momentos de decisão em que se enquadra. Assim, o que se espera do professor é que tome decisões, de preferência com base no seu desenvolvimento assente na imaginação, na investigação e na reflexão.

Alarcão (1996) lança a pergunta: “quem deverá ser reflexivo?”; ao que responde: “não só os professores, mas também os alunos”. Mas porquê esta preocupação com a reflexão?

Não foi ela sempre própria do ser humano, em geral, e dos professores, em particular?

Numa época em que tudo ou quase tudo nos chega “já feito”, porquê pensar? Porquê reflectir?

A acção reflexiva desencadeada pela problematização da prática, ao procurar soluções para os problemas que surgem continuamente, exige aos professores sensibilidade, intuição e conhecimento, mas exige, ainda, como garantem Lalanda et al. (1996: 58), *“emoção e paixão que animem na adversidade, mas não ceguem perante a realidade”*

A ideia de Alarcão de que não só os professores deverão ser reflexivos, mas também os alunos, leva-nos ao encontro de alguns pedagogos que preconizavam métodos possibilitadores do desenvolvimento da autonomia nos indivíduos, como é o caso de Dewey. Embora surgido há cerca de um século, este movimento de defesa da autonomia, consequência da capacidade reflexiva, não se terá efectivamente consolidado.

As rápidas transformações do mundo actual exigem que os indivíduos não só se apropriem dos conhecimentos mas os reconvertam de forma dinâmica, com sentido prático e criatividade.

Os alunos e o modelo de formação reflexiva

As capacidades e operações intelectuais, associadas ao pensamento abstracto, serão à base de um interesse “filosófico”, da capacidade de reflexão sobre o mundo envolvente e de uma construção de valores.

Relembremos que a maioria dos processos de pensamento exigidos ao nível escolar se enquadra no âmbito das operações formais, definidas por Piaget, privilegiando-se o pensamento lógico-formal (Neto, 1998) dificilmente atingível por muitos alunos, o que pode significar que o ensino/aprendizagem, especialmente das ciências, possa ser para eles problemático.

De um modo geral, tanto os currículos como os manuais e mesmo os professores, principalmente a nível da Física (e da Matemática), partem do pressuposto que os alunos já

atingiram o estágio das operações formais, não conseguindo, como afirma Bachelard, “*compreender que não se compreenda*”.

A perspectiva genética de Piaget, está na base do chamado construtivismo que, na óptica desse autor, aparece preferencialmente ligado às estruturas e operações do pensamento e não tanto aos conteúdos do pensamento, ideia esta apadrinhada por Ausubel.

A perspectiva construtivista da aprendizagem é aceite em psicologia com o declínio do “behaviorismo”, impondo-se com base nos resultados de investigação na sala de aula. Estão neste âmbito os trabalhos de Driver, entre outros, e de Thomaz, em Portugal, tentando integrar o conhecimento sobre as concepções dos alunos com o próprio curriculum, já que se crê que estas influenciam fortemente o modo como a aprendizagem se vai processar.

A investigação tem mostrado, também, que as referidas concepções se revelam extremamente resistentes à mudança, segundo parece porque se alicerçam nas vivências e construções da realidade.

Uma das consequências mais importantes do construtivismo é a “condenação” da perspectiva da escola transmissora passiva do saber. Os estudos realizados, nomeadamente sobre o ensino da Física, têm demonstrado que o ensino conduzido apenas na perspectiva de transmissão de informações “*pouco ou nada contribui para a formação de cidadãos aptos a actuar eficazmente numa sociedade em rápido desenvolvimento*” (Thomaz, 1987:121), até porque a mudança decorre tão rapidamente que não é possível prever hoje a informação necessária para actuar no mundo de amanhã.

Outra das importantes consequências do construtivismo é o facto de o erro aparecer, não para ser combatido mas como fonte de inspiração de estratégias.

A teoria de Kelly reconhece um papel activo do aluno, em termos de construção pessoal, no desenvolvimento científico.

Ausubel refere como decisivo o papel da organização lógica dos conteúdos e a natureza desses mesmos conteúdos (Santos, 1991). Deste modo, se a aprendizagem escolar permite ao aluno relacionar a nova informação com aquilo que já possui, poderá constituir uma “aprendizagem significativa”, por oposição a uma “aprendizagem rotineira”.

A tese de Piaget de que o factor determinante no processo de aprendizagem é o nível de desenvolvimento cognitivo parece ter sido inicialmente aceite por Ausubel (Neto, 1998), tendo posteriormente postulado como factor decisivo o papel das estruturas cognitivas, integrando nestas os conteúdos específicos (Santos, 1991).

Com uma visão distinta das de Piaget e Ausubel, também Vygotsky parece enquadrar o seu pensamento numa perspectiva “construtivista”. Vygotsky conjuga os dois aspectos do conhecimento já referidos, colocando-os em interacção e pressupondo também a interacção social, *“dada a importância que atribui ao papel da sociedade e da cultura... no desenvolvimento conceptual e processual do aluno”* (Neto 1998:159).

Por outro lado, se Piaget se concentrou no desenvolvimento dos conceitos, Vygotsky “assenta numa valorização da contaminação das ideias”, nomeadamente no que diz respeito à contaminação entre conceitos “científicos” e conceitos “espontâneos” (Valente, 1999:27).

A Psicologia Genética de Piaget, elaborada de modo metódico, apoia-se experimentalmente na demonstração da existência de estruturas cognitivas sequenciais que definem níveis de psicogénese, ou estádios, que se caracterizam, cada um deles, por uma certa capacidade, um certo poder, uma certa “actividade” capaz de vir a obter determinados resultados dependentes do meio em que o indivíduo vive.

Deste modo, na sua óptica, o conhecimento constrói-se com base na evolução ou amadurecimento das estruturas do indivíduo, e na sua experiência, e influência do meio que o rodeia e que sobre si interage, bem como sobre os seus esquemas de pensamento.

Nesta perspectiva, as ciências da natureza, e a Física e Química em particular, poderão ter um papel decisivo no desenvolvimento do raciocínio, se forem leccionadas de modo que o permita.

Considera-se, assim, que os conceitos físicos se constroem com base em esquemas lógicos que os indivíduos vão conseguindo pelas suas interacções e que não resultam de meras leituras das experiências, mas, segundo Piaget (1976), da interacção entre os dados das experiências e as estruturas cognitivas dos indivíduos.

O paralelismo entre a aquisição do conhecimento científico e o processo de aprendizagem é, para muitos autores, evidente, considerando que ambos os processos pressupõem mecanismos de transformação de “ideias antigas” em novas.

Da análise da evolução do conhecimento científico efectuada por diferentes estudiosos como filósofos, sociólogos e historiadores, ressalta a ideia de que este se compreenderá melhor se se conhecer o desenvolvimento das próprias ciências e das suas teorias. Estão nesta sintonia os estudos de Costa e Cardoso (1998) que afirmam a dado passo:

Também o aluno, ao reconhecer alguma semelhança entre as suas ideias e as apresentadas por cientistas ao longo da História, poderá valorizar o seu próprio conhecimento.

(op cit:18)

Nesta perspectiva, alguns autores defendem que a compreensão das experiências históricas que fizeram evoluir as ideias dos cientistas poderá ter efeito na mudança conceptual.

Em síntese

Independentemente das alterações do modo como foram organizadas as práticas de formação, um pressuposto manteve-se inalterável, durante muito tempo: “educar é preparar no presente para agir no futuro” (Nóvoa, 1988:109), surgindo o tempo da formação desfasado do tempo da acção.

Numa estratégia global de formação permanente, é necessário conjugar o tempo da formação e o tempo da acção, assumindo-se o aluno e o professor como “um ser em mudança” e assumindo, cada vez mais o “formar-se”, numa perspectiva de reflexão, de imaginação e de investigação.

Formar-se, não é instruir-se; é antes de mais, reflectir, pensar numa experiência vivida (...)

Formar é aprender a destrinçar, dentro de nós, o que diz respeito ao imaginário e o que diz respeito ao real, o que é da ordem do vivido e o que é da ordem do concebido (ou a conceber), o que é do domínio do pretendido, isto é do projecto, etc.

Rémy Hess citado por Nóvoa (1988:115)

Contrastando com as ideias que tentamos desenvolver deparasse-nos, na escola, um ensino da física que em muitos casos pouco tem a ver com a prática da física, e das ciências, em geral, transmitindo a imagem do desenvolvimento do conhecimento objectivo. Acreditando que é importante olhar de outra forma mesmo para aquilo que julgamos saber e que as questões e interesses menos evidentes, ignorados nas problemáticas de ensino - aprendizagem podem ser importantes na valorização do conhecimento construído, debruçamo-nos sobre a utilização das narrativas históricas, tendo em conta que a História das Ciências é hoje aceite como uma dimensão que deve ser considerada na conceptualização e implementação de materiais curriculares.

Capítulo II: Educação científica e cidadania

A investigação aponta, hoje, para um ensino-aprendizagem mais na perspectiva de uma formação para a literacia científica do que com a perspectiva de formação de futuros cientistas (Cachapuz et al, 2000; Martins, 2000; Santos, 1999). De acordo com Neto (1998) os indicadores existentes em Portugal acerca da literacia científica ficam aquém do desejado, estando longe de ser optimistas; Cachapuz (1995), por seu lado, destaca a própria falta de percepção de grande parte dos jovens sobre a relevância de aprenderem ciências, ilustrando com justificações dadas por eles:

*“É à base de cálculos e experiências, o que não é importante para o nosso dia-a-dia”
“São assuntos que só interessam a quem segue cursos científicos”*

na mesma linha das justificações encontradas em entrevistas, por Neto (1998) para a fraca adesão dos alunos à Física

*“... por causa das fórmulas...”
“... na Física temos que achar as fórmulas e fazer os problemas...”*

Aquilo que ressalta é a presença constante das fórmulas e da estrutura quantitativa que, ao invés de entusiasmar os alunos pelo estudo das ciências, e da Física e da Química em particular, os afasta. Rómulo de Carvalho, há cinquenta anos, afirmava:

Se a finalidade do ensino elementar da Física for treinar os estudantes na aplicação de “fórmulas”, louvemos a legião de explicadores incansáveis que, penosamente pisam e repisam os problemas de tipo I, II, III e IV. Se a finalidade for levar o aluno a interpretar os fenómenos elementares do mundo físico em que vivemos e a criar-lhe os conceitos sobre os quais construirá os seus estudos... então procuremos meditar.

Mas já no princípio do século XX Dewey, referido por Neto (1999), criticava a escola do seu tempo por se limitar a um lugar onde apenas se transmite informação através de tarefas rotineiras.

Como se depreende, do princípio ao fim do século não há motivos para cremos que tenha havido substanciais alterações. Domina a tentativa de transmitir quantidades indiscriminadas de “matéria”, independentemente da sua relevância e adequação às futuras necessidades dos alunos como cidadãos.

Os estudos acerca da “literacia científica” parecem apontar para um atraso significativo, facto que leva Fiolhais (1997) a afirmar “*estamos roídos pela doença da ignorância científica*”.

As estatísticas da OCDE apontam, segundo é referido na edição do jornal Público, de 17 de Maio de 2000, para que “*os alunos portugueses são dos que têm piores resultados a Matemática e Ciências*”.

“*Alunos portugueses são os piores a aplicar o que aprendem na escola*” é o título do mesmo jornal (Público), de 27 de Novembro de 2002, num artigo de Bárbara Wong, citando um relatório da UNICEF intitulado “*Educational disadvantage in rich nations*”, segundo o qual cerca de 24 por cento dos alunos portugueses de 15 anos são incapazes de desempenhar tarefas básicas de literacia escrita matemática e científica, o que, necessariamente se irá reflectir no futuro dos jovens. Parece, pois, haver um fosso entre aquilo que a escola está a conseguir e aquilo que seria desejável, que preparasse os alunos para as transformações do mundo em vez de contribuir para, como diria Whitehead, “*encher a sua cabeça com meras ideias inertes*”.

O que assistimos diariamente é que se “*sobrecarregam as nossas crianças com respostas, sem que elas tenham colocado questões, e às perguntas que fazem não se presta atenção*”, como refere Popper, citado por Neto (1999b: 18); colocando a tónica numa informação, por vezes, desprovida de sentido para os alunos e sem relevância, não bastando que a maioria dos manuais escolares a isso se limite. É a ciência encarada como um conjunto de exemplos de aplicação e não como resposta a situações problema. As “*equações*” ou “*fórmulas*” surgem, assim, como resultado de uma construção/organização de conceitos introduzidos de modo abstracto e seguindo a

organização do currículo da disciplina, em vez de surgirem como respostas coerentes que dêem um novo sentido ao que já se sabe. Neste contexto, parece-nos que o que está em jogo, no ensino das ciências, e da Física e da Química em particular, não é unicamente o princípio de efectuar cálculos, mas, sim, que faça sentido aos alunos porque os fazem. De que faça sentido aos alunos o que fazem, podendo assim alcançar as competências perseguidas, depende, em parte, que os nossos alunos, no século XXI não sejam “virtualmente ignorantes” (Cachapuz, 1995) e que possam tomar, compreender e analisar decisões na sociedade em que se inserem.

Como dizia Rómulo de Carvalho, (1952), *“é infinitamente mais fácil substituir letras de fórmulas” por números e fazer as contas, do que raciocinar sobre o tema proposto*”.

Reiteramos a sua afirmação por observarmos diariamente que é possível saber fórmulas sem, no entanto, se saber Física. Para se “operar com fórmulas” de forma significativa é necessário uma base sólida de conhecimento qualitativo. Não defenderemos uma “ciência qualitativa” apenas encarada como um fim em si mesmo, mas, antes como um caminho, tentando pôr de lado o que Rómulo de Carvalho (1952) temia como o risco do *“adormecimento do raciocínio”*, pela transmissão de situações estereotipadas que não envolvam os alunos e não façam sentido nos seus contextos, tais como:

...aqueles pedaços de gelo que caem do alto sobre superfícies isentas de condutibilidade calorífica, aquelas esferas que rolam sem atrito ao longo de planos inclinados, aquelas barras sem peso que se apoiam em suportes indeformáveis e outras fantasias.

“Les hommes ont besoin que leurs voisins leurs donnent quelque chose d’assez différent pour retenir leur attention, et quelque chose d’assez grand pour susciter leur admiration”

Whitehead, citado por Valente (1999:52)

Quem se lembrará de qualquer exercício ou definição “decorados” à hora do teste?

Whitehead, criticando o excesso de “ideias inertes” no ensino, releva o papel do interesse pelo conhecimento através da novidade e da imaginação exibindo beleza do conhecimento científico, evitando uma relação “fria e seca”, utilizando a terminologia de Vygotsky, que, com estas características, “não permanece na nossa cabeça”.

Esta linha de pensamento permite-nos estabelecer o contraste com o que é, de uma forma geral, o ensino das ciências, juntando novas categorias para uma reflexão criativa. Certamente uma ideia de educação pluridimensional, mais rica, mais envolvente, em suma, mais humanizada.

Haverá na aprendizagem das ciências, e da física em particular, dificuldades de natureza cognitiva, mas também parecem ser agravadas pela “secura”, “frieza” e “rotina” da apresentação dos conteúdos.

Problemas de ordem cognitiva passam também pelo interesse no conhecimento e pela sua pertinência. O motivo principal que leva as pessoas a desenvolverem os seus sistemas de construtos, na opinião de Kelly referido por Neto (1998:92), passa por uma escolha motivada tentando “prever e controlar” os acontecimentos. Ainda que aparentemente a orientação construtivista possa fazer transparecer uma menor importância conferida à dimensão afectiva, tal orientação não parece emergir nos seus princípios, sendo, cada vez mais advogado que a prioridade para o ensino das ciências seja colocada na dimensão afectiva.

A dimensão Ciência, Tecnologia e Sociedade (CTS) no ensino das ciências

A educação científica...dedicada, sobretudo, ao desenvolvimento do vocabulário e de exercícios técnicos e à apresentação dos factos e teorias que a ciência veio herdando do passado, escassa atenção é por ela conferida ao exame dos conceitos básicos, ao desenvolvimento histórico das disciplinas ou às suas relações com outras áreas da actividade humana.

Neto (1999)

Contrastando com práticas que continuam a concretizar uma relação “seca” e “fria” com o conhecimento científico têm emergido novos desenvolvimentos em que o interesse pelo conhecimento científico toma algum protagonismo. Estes desenvolvimentos podem ser, por vezes, excessivamente utilitaristas, o que é reconhecido até mesmo por personalidades como Mário Soares, citado por Santos (1999: 22):

...torna-se, igualmente, necessário (...) juntar às exigências do desenvolvimento científico a necessidade do aprofundamento de uma autêntica cultura científica, fundada na visão da ciência como cultura e não apenas como um conjunto de saberes especializados produtores de teorias e metodologias que eventualmente venham a ter uma aplicação útil

Estes mesmos desenvolvimentos acabam por não colocar em evidência o papel da imaginação na construção do conhecimento científico.

A necessidade de debater estas questões permite fazer referências a toda uma gama de possíveis causas de desinteresse dos alunos e poderá ajudar a compreender a importância de interações quer a nível da Ciência-Tecnologia-Sociedade quer, por exemplo, da História, Filosofia ou mesmo Sociologia da Ciência.

Importa considerar que construir ambientes educativos que constituam ambientes de cidadania impregnando o ensino da disciplina de valores e princípios que interliguem conteúdos da ciência com a sua natureza e concedendo um lugar, em especial, à História das Ciências, significará complementá-la com a dimensão formativa (Cachapuz et al, 2000, Santos, 1999).

Nos últimos anos estas preocupações têm, de facto, influenciado importantes linhas de investigação, quer procurando a interdisciplinaridade quer tendo o quotidiano como foco principal, em consequência da necessidade de responder a mudanças no sistema social e a mudanças no interior da própria ciência e tecnologia. O contexto em que emerge a concepção CTS de ensino das ciências pauta-se pela insatisfação com os resultados e efeitos de anteriores desenvolvimentos, mais centrados nos aspectos psicológicos.

De acordo com a National Science Teachers Association, citada por Santos (1999:25), *“CTS é o ensino e a aprendizagem da ciência/tecnologia num contexto de experiência humana”*.

Trata-se assim de um pressuposto que vai de encontro às teses do construtivismo, na senda das ideias de Kant, segundo as quais o sujeito é o responsável principal pelo seu próprio conhecimento, que não recebe passivamente, mas constrói de modo activo.

Esta abordagem procura ter como centrais os interesses dos alunos, e a actividade principal do professor consiste em fazer emergir esses interesses (Canavarro, 1999). Assim, a aprendizagem de conceitos e processos poderá fazer-se de forma mais consistente e duradoura.

Nestas abordagens a tecnologia é utilizada como elo de ligação entre a ciência e a sociedade. Com este sentir, Neto (1999) afirma:

“O que a educação deve visar é um cidadão pensante e informado, capaz de considerar as questões científicas e tecnológicas em ligação com as suas condicionantes económicas, com os problemas ambientais, os critérios éticos e as preocupações sociais e estéticas”.

As mesmas preocupações são apontadas, quer em termos de pontos de partida (Neto, 1998) quer em termos de abordagem para a resolução de problemas “da vida real” (Lopes, 1994), alicerçados nas vivências dos alunos “em contacto” com a natureza e a tecnologia, objectivando o desenvolvimento das abstrações necessárias para a construção dos conceitos científicos, e em especial físicos. Tomando como ponto de partida o quotidiano, poderão extrair-se temas geradores de interesse, que serão ou não objecto de estudo, mas tendo, pelo menos, a função de despertar o interesse pelos assuntos e servir de ponte para algumas abstrações características das ciências, consoante os alunos que se nos deparam, mas de qualquer modo, como afirma Cerezo (1998: 4):

“Una forma de entender la educación en ciencia y tecnología a ciudadanos que sean capaces de tomar decisiones informadas, por una parte, y promoviendo el pensamiento crítico y la independencia intelectual en los expertos al servicio de la sociedad, por otra”.

Assim, e de acordo com Santos (1999) e com Cerezo (1998) podemos, centrando-nos ao nível do ensino básico e secundário, considerar algumas possíveis abordagens.

Em primeiro lugar, encarando o ensino CTS como complemento ao currículo tradicional, enriquecendo-o pela introdução de diferentes problemas ambientais, sociais ou éticos, entre outros, sustentados pela ciência e tecnologia, acessíveis a alunos de qualquer área. Esta perspectiva não significa, no entanto, reduzir-se às referências mais frequentes da maioria dos textos escolares que se limitam “a la enumeración de algunas aplicaciones de conocimientos científicos cayendo así en una exaltación simplista de la ciencia como factor absoluto de progreso” (Fernandez et al 2002: 482).

Outro modo seria, eventualmente, completar os temas tradicionais do ensino das ciências, e das próprias disciplinas, em especial ao nível básico, com “anexos” CTS tornados tema transversal, podendo mesmo partir das áreas curriculares não disciplinares. Lembremos a este propósito que a própria linguagem da reestruturação curricular em curso no nosso país propõe

uma filosofia global marcada por reorientações no sentido formativo, em especial sobre modos de educação escolar que procurem capacitar para a reflexão e a resolução de problemas da vida quotidiana.

Finalmente a opção mais “radical” seria reconstruir os conteúdos do ensino das ciências e da tecnologia através de uma óptica CTS, recorrendo a determinados problemas socialmente importantes. Citando Cerezo (1998: 6):

“La ventaja más clara de esta opción es su facilidad para suscitar interés en el estudiante por la ciencia, facilitando el aprendizaje de esta”.

Acerca desta postura, Cerezo (1998:9) afirma ainda: *“esta alternativa... siendo la más consecuente con los planteamientos CTS es la más costosa en muchos sentidos... (pois que)... supondría poner el currículo patas arriba”* implicando o final das disciplinas compartimentadas, o que poderia, de acordo com a visão de Yager et al; referidos por Cerezo, melhorar a criatividade e aumentar o interesse perante as ciências.

Yager (1996), citado por Canavarro (1999:126), refere que *“a abordagem STS (ou CTS) não deve proporcionar programas, mas contextos para que o programa possa acontecer”*. O mesmo autor (1996) considera também vantajosa a ligação que pode estabelecer-se entre a escola e a comunidade envolvente. Assim, a utilização de temas ou assuntos actuais de importância social, como organizadores das actividades ao nível do ensino da ciência, *“transforma a comunidade no laboratório da Escola... e obriga os professores a um envolvimento contínuo em termos da sua própria actualização”* (Canavarro, 1999: 131).

Nesta sintonia, os conceitos não deverão aparecer como meras possibilidades lógicas mas como o resultado de uma interacção com o mundo envolvente. Por isso, o ensino das ciências, especialmente o básico, não deve envolver *“life experience and social applications only as*

exemplary (mas sim) as the essence of science learning” (Fensham, 1995, citado por Cachapuz, 1995: 355).

A educação científica deve, assim, adaptar-se às exigências da sociedade e deve ajudar a formar indivíduos capazes de pensar e de agir. Ou seja, a educação científica, encarada na perspectiva CTS, corresponde à concretização da perspectiva do aluno investigador, reflexivo, crítico e criativo.

A integração na nossa sociedade exige não só do professor mas, de qualquer cidadão, uma permanente actualização; a esse respeito, Santos (1999:202) afirma: “*é a necessidade de compreensão de questões sociais relacionadas com a ciência e a tecnologia que exige que as pessoas sejam científica e tecnologicamente alfabetizadas*”, já que ciência e tecnologia têm influências significativas tanto na vida privada como em termos públicos.

Cada vez mais, caminhar para a literacia científica parece implicar não só aquisição de conhecimentos, mas a sua construção e a capacidade de utilizá-los em situações de vida em sociedade. Trata-se, assim, de formar basicamente todas as pessoas, de áreas científicas ou não, de modo que a maioria da população possa dispor de conhecimentos e destrezas necessários para se desenvolver no dia a dia, ajudar a resolver problemas pessoais e globais, adoptar atitudes responsáveis face ao desenvolvimento e suas consequências, assim como participar activamente na tomada de decisões com um pensamento crítico, baseado na capacidade de reflectir. Na verdade, como salientam Vilches e Furió (1998: 8),

En la actualidad, el analfabetismo científico y tecnológico es mucho más peligroso que en cualquier situación anterior.

Resolução de problemas

Muitos estudos e trabalhos de investigação foram realizados desde o início da década de 80 na área da Resolução de Problemas. Valente (no prefácio de Neto, 1998) afirma: “*A Resolução de Problemas é uma competência cognitiva de ordem elevada necessária em vários domínios do conhecimento e da vida*”.

Apesar da sua reconhecida importância, verifica-se uma ruptura entre o interesse relevante por parte dos docentes e as recomendações dos investigadores e, por outro lado, o ensino tradicionalmente rotineiro. Graça (1996) interroga-se sobre o que levará um grande número de professores a considerarem a Resolução de Problemas fundamental para o desenvolvimento do raciocínio do aluno e a não utilizarem esta abordagem na sua prática pedagógica, questionando-se também sobre as dificuldades dos professores que a utilizam.

Começamos por referir que o conceito de problema é, logo à partida, um conceito ambíguo dado que o termo “problema” surge em diferentes contextos: na linguagem corrente, nas ciências em geral, nas ciências da educação e outros, variando o significado em cada domínio.

Diferentes autores atribuem também diferentes significados ao termo considerando, em geral, que, apesar de poder haver confusão entre exercício e problema há, no entanto, características diferenciadoras. No entender de Gouveia et al (1995), um aspecto fundamental no conceito de problema consiste em que surge de uma situação apresentada que vai sendo trabalhada e problematizada de modo a surgirem situações-problema relevantes. Do mesmo modo, Garret et al. e Gil Perez et al, referidos por Lopes (1994), assumem que um problema deve surgir

sem se saber qual a resposta e sendo necessário fazer várias reformulações e abordagens que conduzam a possíveis soluções. Já Dewey, em 1925, citado por Neto (1999), afirmava:

...o problema aparece como aspecto central a delimitar o alvo do pensamento e este, controlando o acto de pensar, conduz a própria aprendizagem.

É usual, que os professores, e em especial os de Física e Química, refiram as dificuldades dos alunos no uso da Matemática, na compreensão da situação e na falta de pré-requisitos. Parece-nos, no entanto, que, se se notam dificuldades nos alunos, o professor também terá necessidade de reflectir sobre a problemática e de mudar as suas posturas e as suas práticas. Como afirma Neto (1995), impõe-se uma nova didáctica.

E como será possível provocar essas alterações?

Sabe-se que dificilmente as pessoas gostam, ou aceitam, que “mexam” com a sua vida, com a forma como têm as suas rotinas organizadas, com aquilo em que acreditam como verdade inquestionável, há muitos, muitos anos. A este respeito, Ponte (1992), citado por Graça (1996:7), afirma:

Mudanças profundas no sistema de concepções só se verificam perante abalos muito fortes, geradores de grandes desequilíbrios. Isto apenas sucede no quadro de vivências pessoais intensas, como a participação num programa de formação altamente motivador ou numa experiência com uma forte dinâmica de grupo, uma mudança de escola, de região, de país, de profissão. (sublinhado nosso)

Estas vivências poderão, tal como preconizado anteriormente, ser constituídas por uma participação numa equipa de investigação, em que o sujeito seja confrontado com novas realidades e que viva novas situações.

Pensando concretamente no que se passa no nosso país, lembremos que parece ser preocupação fundamental da maioria dos professores de Ciências, e de Física em particular, a transmissão de conhecimentos. Assim, a mera resolução de exercícios rotineiros, preocupação já

manifestada por Rómulo de Carvalho, está em sintonia com as preocupações acerca do possível descontentamento gerado por estas práticas (Thomaz, 1987) e os fracos resultados que alcançam (Fiolhais, 1997).

Alguns investigadores parecem realçar a importância dos requisitos, a nível de conteúdos, para se desenvolver a capacidade de resolução de problemas. Igualmente se refere a metacognição como um aspecto relevante.

Para Lester, referido por Graça (1996), o ensino baseado na metacognição origina que os alunos discutam e pensem sobre o processo que utilizaram para resolver problemas, tendo em vista fazê-los tomar consciência de que muitos problemas podem ter vários processos de resolução. Nesta linha de ideias o sujeito investigador, que reflecte sobre as suas práticas, é, na sua essência um sujeito que pratica a metacognição.

Como refere Borralho (1990:122):

Uma forma de aumentar a motivação e a atitude positiva face à resolução de problemas é tentar que os próprios alunos descubram e formulem problemas a partir da realidade e do contexto que lhe é mais próximo”... “a perseverança é um factor a ter em linha de conta durante a Resolução de Problemas e que estará ligado com a variável cognitiva.

Os exercícios escolares típicos, em geral de resposta única e exacta, não se relacionam directamente com os problemas da vida real, podendo ser úteis para testar conhecimentos e rotinas, mas não para desenvolver o pensamento crítico criativo e a metacognição (Neto 1998). Nesta perspectiva, o mesmo autor (op cit.) particulariza a importância da abordagem qualitativa para “a superação de alguns vícios” da didáctica tradicional, “desmontando o mito de que o problema significa número, significa cálculo” e para minimizar a ideia de que só tem a ver com fórmulas.

Importa clarificar o conceito de problema. Na senda do pensamento de Neto (1998:47) constitui um problema “*uma situação que impõe dificuldades para as quais não se conhece à partida solução nem se sabe sequer se ela existirá*”. Nesta perspectiva uma tarefa constituirá problema se o sujeito se envolver e se empenhar na sua resolução, de acordo com os conhecimentos que já possui e as experiências prévias. Assim, uma situação poderá constituir um problema para um indivíduo e não para outro, já que depende da interacção com a pessoa que a tenta resolver, como diria Popper “*ver a sua beleza e apaixonar-se por ele*”. Do mesmo modo, uma situação será problema até que o sujeito que a tenta resolver, através de uma combinação de procedimentos e regras, faça dela um desafio. Após a detenção de toda a informação necessária a situação passa a constituir um enigma (puzzle) ou exercício.

Não pondo de parte a resolução de exercícios que possibilitem algum treino como pré-requisitos necessários, ter-se-á em conta que não serão suficientes. Por outro lado, é importante ter em conta o grau de dificuldade de alguns problemas que, por vezes, são apresentados podendo apenas ser resolvidos por um número restrito de alunos já que os outros não possuem as “ferramentas” cognitivas necessárias. A abordagem proposta por Neto (1998), de forte preocupação metacognitiva, concretiza-se, precisamente, na explicitação e treino de processos e estratégias, procurando ter em conta a explicitação da linguagem e de processos de pensamento. Esta abordagem radica em grande parte nas influências de Vygotsky (1987:50) para quem “*a promoção de conceitos é o resultado de uma actividade complexa, em que todas as funções intelectuais básicas tomam parte*” suportadas pelo uso de palavras “*como o meio pela qual conduzimos as nossas operações mentais, controlando o seu curso e as canalizamos em direcção às soluções do problema que enfrentamos*”.

Assim, o tipo de abordagem proposto visa as zonas de desenvolvimento potencial de cada aluno, não exigindo para além das suas potencialidades cognitivas mas tentando sempre atingir níveis superiores, considerando que o aluno pode, no futuro, realizar sozinho aquilo que foi conseguido com ajuda.

Se Piaget não parece ter explicitado o que o professor pode fazer para ajudar o indivíduo a passar de uns estádios a outros, Vygotsky parece atribuir-lhe um papel importante como facilitador, permitindo aos alunos o desenvolvimento de “processos psicológicos superiores”, através da reflexão e consciencialização dos próprios actos (processos metacognitivos). Vygotsky refere-se, assim, a dois níveis de desenvolvimento: o nível de desenvolvimento efectivo e o nível de desenvolvimento próximo. A zona de desenvolvimento próximo é, então, definida como correspondendo à diferença entre o nível de tarefas realizáveis com auxílio e o nível de tarefas que podem realizar-se independentemente. Esta noção de zona de desenvolvimento próximo ajuda-nos a prever a dinâmica do desenvolvimento já que tem em conta não só o que o aluno já sabe realizar, mas aquilo que está em vias de conseguir fazer, sem conceber estádios de desenvolvimento cognitivo universais e biologicamente determinados. Vygotsky, tal como Bruner, prefere encarar o desenvolvimento como evolução gradual em constante dialéctica entre “o pensamento e a linguagem”, correspondendo a noção de zona de desenvolvimento próximo, na perspectiva de Bruner (1989) como que ao processo segundo o qual o sujeito alcançará a sua competência intelectual. Assim, a escola e o professor, em especial, serão fundamentais para o aluno desenvolver “processos psicológicos superiores”, tomando contacto com “instrumentos” como os conceitos científicos.

Entende-se assim que Vygotsky seja considerado o grande precursor dos que defendem caber à escola, “como finalidade educativa superior, o desenvolvimento do pensamento reflexivo e auto-regulativo dos alunos, ou seja, a sua metacognição” (Neto, 1998:119).

Da análise da evolução do conhecimento científico efectuada por diferentes estudiosos como filósofos, sociólogos e historiadores, ressalta a ideia de que este se compreenderá melhor se se conhecer o desenvolvimento das próprias ciências e das suas teorias. Assim, a partir da estrutura das teorias científicas, poderá ser possível compreender melhor o seu encadeamento e os factores que contribuem para o desenvolvimento do conhecimento científico.

Em geral, privilegia-se a comprovação do conhecimento ignorando os processos e os contextos em que o mesmo foi alcançado.

Nesta perspectiva, alguns autores defendem que a compreensão das experiências históricas que fizeram evoluir as ideias dos cientistas poderia ter efeito na mudança conceptual e na construção do conhecimento (Costa e Cardoso, 1998; Santos, 1991). Defendem também que é preciso apoiar-se na História das Ciências para transmitir a ideia de que a ciência é uma construção de conhecimentos para resolver problemas, mas não é só. Também é a comunidade científica que os obtém, sem deixar de lado as relações CTS com outros subsistemas (Santos, 1999) nem o seu impacto ideológico (fonte de ideias e de mudanças nas crenças e opiniões de muita gente) (Serres et al, 1996). Numa sociedade global, em que a ciência e a tecnologia têm cada vez um papel mais importante, sendo que a participação de todos nas tomadas de decisão pressupõe que a informação e as decisões sobre a ciência estejam cada vez em menos mãos, exige que os cidadãos tenham uma formação científica que lhes permita opinar, participar, votar, etc. Nesta perspectiva será, pois, também importante que o professor reflexivo possa desenvolver um ensino assente na construção de conhecimentos, incorporando reflexões relativas ao modo como se investiga e se faz ciência e para que se faz. Esta dualidade poderia trazer alguma capacidade para mudar conceptualmente, permitindo não só aplicações directas à acção didáctica, mas numa pratica que ajudasse o professor (e o aluno) a pensar, a reflectir e a experimentar.

Educação em Ciências e trabalho experimental

As actividades experimentais têm tido um papel específico e central na construção do conhecimento e reconhecido nos currículos de ciências. No nosso sistema educativo, a Reforma Curricular encetada a partir dos anos noventa reforçou a sua importância no âmbito das disciplinas de ciências dos ensinos básico e secundário, explicitando mesmo o programa do 3º ciclo (pág. 24): “todas as aulas deverão ser encaradas como potencialmente de natureza teórica e prática”. O espírito agora consignado nas orientações para a Gestão Flexível dos Currículos, nomeadamente pelo Dec. Lei nº 6/2001, aponta não só para a natureza prática das aulas mas, concretamente para o trabalho experimental.

O trabalho experimental pode ser implementado exigindo menor ou maior complexidade de materiais e permitindo trabalho individual, em pequeno ou em grande grupo. Nuns casos poderá permitir uma abordagem inovadora e investigativa, noutros poderá limitar-se a abordagens de tipo confirmativo ou ilustrativo de aspectos teóricos. Afonso e Leite (2000) afirmam mesmo que, de acordo com dados recolhidos junto dos professores, as referidas abordagens consistem essencialmente em demonstrações e não centradas no aluno, o que é confirmado pelo Livro Branco do ensino da Física e da Química. Não significará afirmar que as demonstrações não tenham o seu valor especial e que não possam ter uma abordagem, em especial qualitativa, altamente envolvente e potenciadora da construção de conhecimento.

O laboratório pode ser visto como a oportunidade de praticar, pretensamente à imagem do cientista, orientado pela forma como vulgarmente se presume que os investigadores académicos constroem o seu conhecimento, de acordo com “o” método experimental, fazendo resultar de esquemas teóricos e sistemáticos da observação e da experimentação, predominando respostas

prontas e/ou rotinas experimentais consagradas por hábitos escolares e pelos próprios manuais. Mas o laboratório pode, por outro lado, ser assumido numa perspectiva construtivista, tentando dar forma a conceitos que se vão construindo e organizando à medida que se vão desenvolvendo as actividades práticas, tentando resolver problemas em articulação com os conceitos, para que os alunos adquiram uma imagem de ciência mais aberta, menos uniforme e mais associada à actual “produção” científica e à concepção CTS de ensino das ciências.

Parece, assim, que enquanto as “investigações” experimentais podem criar importantes oportunidades para relacionamento de conceitos e teorias, a própria prática só por si, não é suficiente, pois pode ser encarada como mera rotina.

No dizer de Patrício (1995:17): *“nada se aprenderá se o processo dessa aprendizagem não for uma real experiência”*

Não iremos tão longe, mas, de facto, muitas vezes os alunos realizam trabalho experimental interessando-se somente em seguir as instruções, já que desenvolvem esquemas mentais que lhes permitem encontrar o caminho adequado e chegar ao passo final, preocupando-se apenas com a manipulação de materiais e equipamento e com as medidas solicitadas. Assim, dificilmente percebem os objectivos, os relacionam com os procedimentos ou as ideias em causa, discutem hipóteses ou planificam os próprios trabalhos.

John Delabawey, referido por Santos (1999:59) afirmaria:

Exercícios de laboratório e demonstrações feitas na aula podem ser parte de uma rotina de ensino e, não obstante, pouco acrescentarem ao desenvolvimento do hábito do pensamento científico.

Assim, parece, pois, que não será tanto a frequência do recurso ao trabalho experimental que se questiona, mas a qualidade desse trabalho já que *“usar o laboratório não é, só por si melhor do que não o usar”* como garantem Afonso e Leite (2000:203), prosseguindo: *“a sua utilidade depende, acima de tudo, do modo como é usado”*. Não surpreende que, apesar de tudo o

aluno possa ser capaz de resolver situações familiares e obter respostas concretas faltando-lhe, no entanto, a compreensão do fenómeno.

Esta preocupação é expressa por Santos (1999) que sugere reflexões, questionamentos, incitamentos e tomadas de posição que “... *não enfeudem, sistematicamente, o aprender sobre ciência ao processo científico*” (op.cit. P229). A propósito desta reflexão surge-nos na memória a nossa perplexidade quando, há algum tempo, durante uma conferência ouvimos um reputado investigador de astronomia afirmar que raramente olhara para um telescópio. De qualquer modo, de acordo com Afonso e Leite (2000: 188):

... será necessário trabalhar de modo a evitar que os futuros professores usem o trabalho laboratorial simplesmente porque ‘a ciência é uma actividade prática’.

Acresce ainda que nos parece quase caricata a pretensa importância conferida à experimentação no nosso ensino secundário que leva a que depois, pela alegada objectividade e necessidade de aferição, a realização de tais actividades seja avaliada, nos exames nacionais do 12ºano, por uma questão teórica, isto é, em termos apenas de aquisição/memorização. A tendência parece ser sobrevalorizar a prática laboratorial dos alunos, mesmo que rotineira, a qualquer custo, pondo de lado reflexões sobre as ideias desenvolvidas, os contextos em que as mesmas se desenvolvem e a sua relação com as “descobertas”.

Não queremos, no entanto, deixar de referir que o trabalho experimental tem de ser encarado como uma dimensão importante na construção de conhecimento em disciplinas como a Física ou a Química. Para caminhar neste sentido haverá que valorizar a problematização, o carácter humano da ciência com a consequente subjectividade, o erro, as competências de observação e reflexão, entre outras. Assim, as orientações do trabalho experimental terão de ter em conta a criatividade e a imaginação humana que estão na base da construção científica e que, de acordo com Santos (1999:231) não se conciliam com a promessa de que se os alunos seguem

passo a passo as direcções metodológicas obtêm resultados semelhantes aos dos cientistas e de que desenvolvem ‘competências de processo transferíveis para todas as situações. Acresce a isto, muitas vezes, a falta de contexto na implementação das actividades experimentais, não conseguindo os alunos, saber porque é que estão a realizar determinada tarefa e porque é que se utilizam aqueles procedimentos e não outros. A mesma autora (op. cit.) sugere reflexões, questionamentos e tomadas de posição que não neguem o valor da ciência, mas que tenham em conta os propósitos do trabalho científico em contextos actuais diversificados, mas também em contextos históricos.

Uma outra tendência no ensino das ciências é crer que os trabalhos práticos laboratoriais hão-de ser quantitativos, necessitando de fazer medidas, cálculos e gráficos de onde poderão ou não extrair-se conclusões. No entanto, diferentes visões permitem afirmar:

.. a la luz de las actuales teorías sobre el proceso de enseñanza-aprendizaje, permite ver la importancia que los trabajos prácticos cualitativos o semicualitativos, con objeto de “vivir el fenómeno”, tienen para la formación de conceptos y la comprensión de leyes y teorías.

Viñas e Lozano (1994:21).

Não significa isto negar a importância dos trabalhos experimentais quantitativos nem, tão pouco, aquilo a que Wellington (2000) designa por “numeracy” em cujo sentido as actividades científicas devem ser usadas, nomeadamente, na sensibilidade para a estimativa ou para desenvolver a percepção da ordem de grandeza, a habilidade para “rearranjar fórmulas simples”, usar fracções ou percentagens bem como construir gráficos compreendendo o seu significado.

Não nos esqueçamos, também, da importância da abordagem qualitativa, aliada à quantitativa, pela riqueza das explorações, sem a qual dificilmente se caminhará no sentido preconizado. O learning by doing de Dewey segundo Patrício (1995) pode ter um entendimento mais alargado: *“o fazer não é contrário à verdade, mas o único caminho pelo qual se acede à*

verdade”, também preconizando a necessidade de se passar pela problemática da medida, pelas dificuldades, para, a partir daí se caminhar para a verdadeira “numeracia”, salientando que

O fazer é a imersão criadora no oceano da linguagem silenciosa, a impregnação efectiva pelo real englobante a que se está activamente aberto.

Patrício (1995:17)

Acresçamos ainda a necessidade de valorização das actividades experimentais numa perspectiva unicamente qualitativa aceitando que não há uma metodologia específica, bem definida, mas uma multiplicidade de métodos, processos e explorações a seleccionar, atendendo aos objectivos perseguidos, aos conteúdos científicos em jogo e ao contexto de aprendizagem. Veja-se, em Portugal a orientação dos livros de Fiolhais, procurando cativar para a ciência e desenvolver o gosto pelas actividades.

Não nos esqueçamos, também, que, se considerarmos, de acordo com Popper (1992), que os problemas surgem com a vida, portanto, pertencem à relação entre o sujeito e o seu “meio”, da sua relação com o exterior e com o conhecimento. Neste sentido, acentua-se a ideia que a resolução de problemas é um projecto pessoal.

Se entendermos o trabalho experimental como resolução de problemas, como uma actividade de natureza investigativa, deve possuir características pessoais, que se assemelham às do trabalho científico, guardando as devidas proporções. Assim, comportará um momento de “criação” e um momento de formalização, unidos por componentes de ordem afectiva. Entendido deste modo, o trabalho experimental, pela diversidade de caminhos e de pontos de partida que admite, parece poder considerar-se como via propiciadora de “liberdade” para o desenvolvimento pessoal e social e para a construção do conhecimento. Parece também poder ser uma contribuição para a compreensão da natureza da ciência, e da actividade científica, e para a promoção do interesse e do gosto pela aprendizagem das ciências.

História(s) das Ciências e cultura científica

As histórias das ciências são “histórias” dos homens construindo o conhecimento científico através dos tempos.

James Wandersee

O reconhecimento da importância do papel da História das Ciências no ensino das ciências parece remontar aos finais do século XIX, através do filósofo da Ciência Ernst Mach. Segundo Jenkins, citado por Almeida e Thomaz (2000: 51), a primeira manifestação evidente da intenção de incorporar a História da Ciência no ensino das ciências foi feita em 1855 através da declaração dirigida à Associação Britânica para o Progresso da Ciência Duque de Argyll, na qual afirma:

“...o que seria preciso na educação dos jovens, seria não tanto a mera obtenção de resultados, mas os métodos, e acima de tudo, a história da ciência”.

A Associação Britânica para o Progresso da Ciência, citada pelos referidos autores, terá reiterado esses apelos no seu relatório de 1917, intitulado “Science teaching in the secondary schools”, salientando que a História da Ciência oferece os meios necessários para incentivar os alunos para o estudo das ciências (Almeida e Thomaz, 2000:51).

De entre as linhas de investigação desenvolvidas nos últimos anos muitas chamam a atenção para a utilização da História e Filosofia das Ciências, especialmente ao apresentarem propostas de novos modelos de ensino/aprendizagem (Carvalho, 2000).

Nestas investigações parece ressaltar não a expectativa de que através da História e Filosofia das Ciências se chegue a grandes avanços, mas que os alunos...captam algo dos aspectos que estão em jogo nestes assuntos, que vejam que há perguntas a fazer e que comecem a pensar não só nas respostas, mas sobre o que se poderia considerar como resposta e que tipos de evidências podem respaldar nossas respostas.

(Mathews, 1994, citado por Carvalho, 2000).

Apesar da importância reconhecida à História e Filosofia das Ciências no ensino/aprendizagem, na realidade, em termos de sala de aula e mesmo de manuais escolares a sua inclusão é escassa, e a que ocorre é, muitas vezes, meramente descritiva. A este propósito Carvalho (2000) refere que, analisando dados de alguns encontros internacionais, lhe parece haver discrepância entre as sugestões/propostas visando a formação de professores em que há predominância para a categoria História e Filosofia das Ciências e que, diferentemente das sugestões, os trabalhos de sala de aula, reflectindo o que se faz em termos de ensino, têm tido pouca ênfase, incidindo os trabalhos muito mais noutras áreas de investigação. Diversos outros estudos referem, igualmente, que os professores não dizem usar a História das Ciências, e da Física em particular, na sala de aula, de acordo com sugestões resultantes da investigação actual (Costa e Cardoso, 1998; Paixão e Cachapuz, 1998)

Parece ressaltar de diversos autores a importância dos estudos envolvendo História e Filosofia das Ciências para a formação de professores, tentando proporcionar uma ligação com a Resolução de Problemas, ao invés de correr o risco de perder de vista que, como afirma Bachelard, citado por Fernandez et al (2002: 480), “*todo conocimiento es la respuesta a una cuestión, a un problema, lo que dificulta captar la racionalidad del proceso científico*”.

Para além da compreensão de conceitos e teorias das ciências em geral, e da Física em particular, defendem alguns investigadores que esta ligação pode facilitar uma compreensão dos obstáculos e dificuldades cognitivas dos alunos, para além de perspectivar as ciências em termos colectivos e históricos, numa ligação com a tecnologia e a sociedade, em termos globais.

Por outro lado, entre as diversas concepções de natureza construtivista predomina a ênfase na utilização da História das Ciências como fonte de analogias úteis para a estruturação do ensino das ciências. Para algumas tendências na investigação em educação, como já referimos anteriormente, a dinâmica da mudança conceptual que o ensino pretende promover assemelha-se à observada na

História da Ciência (Almeida e Thomaz, 2000). Na visão das concepções alternativas a mudança conceptual tem como ponto de partida as concepções dos próprios alunos, entendidas como algo relativamente coerente com um conjunto de ideias e dotado de certa plausibilidade. As mudanças conceptuais esperadas, relativamente a esta linha de pensamento, deverão ocorrer nas concepções dos alunos, na medida em que possam ser entendidas como “rivais” das teorias científicas que o ensino pretende veicular (Almeida e Thomaz, 2000). O processo apresenta-se assim, de acordo com os mesmos autores, com analogias relativamente à construção da própria ciência.

Desde que Bachelard ressaltou a importância do conhecimento da História da Ciência e da Epistemologia para o ensino das ciências, têm sido muitos os autores que tem destacado o seu interesse, considerando que a História das Ciências pode ser um instrumento importante para detectar obstáculos epistemológicos existentes num determinado campo do saber e para orientar a estratégia que permita a sua superação. (Pedrinaci, 1999). Bachelard, citado na obra referida (página 85), considera que:

Cuando se investigan las condiciones psicológicas del progreso de la ciencia, se llega muy pronto a la convicción de que hay que plantear el problema del conocimiento científico en términos de obstáculos. (...) es ahí donde mostraremos causas de estancamiento y hasta de retroceso, es ahí donde discerniremos causas de inercia que llamaremos obstáculos epistemológicos.

Nesta perspectiva tão interessante se tornará analisar os momentos da História das Ciências nos quais se produzem grandes avanços, como estudar aquelas grandes etapas nas quais esse avanço parece muito difícil. Reconhece-se, assim, em algumas linhas de didáctica das ciências, especialmente a partir dos anos oitenta, a necessidade de reconstruir a articulação entre o ensino das ciências e a história e a epistemologia das ciências (Mathews, 1994; Santos, 1998; Garcia e Piaget,), na linha de ideias de Piaget a respeito da psicogénese.

De qualquer modo, a História das Ciências alerta sobre a complexidade de determinados conhecimentos e sobre as dificuldades de compreensão que podem representar. A análise da evolução do conhecimento parece não só ajudar a compreender a dificuldade que pode apresentar a introdução no currículo de certos conteúdos, podendo dar orientações importantes sobre o modo de abordar nas aulas determinadas dificuldades ou, de acordo com (Pedrinaci, 1999: 92):

Sugiriéndonos el uso de determinados 'conceptos puente', la necesidad de introducir cambios metodológicos o la relación existente entre la adquisición del conocimiento en cuestión y un cambio actitudinal.

Assim, conhecer os obstáculos e conteúdos que estavam presentes em momentos importantes pode ser precioso já que em termos de motivação/interesse não parece muito facilitadora a imagem deformada que se apresenta dos cientistas e da Ciência, sem ligação com os problemas reais, sociais e culturais. Vilches e Furió (1999) referem essa imagem da ciência e dos cientistas como uma das causas de desinteresse dos alunos. Apoiando-nos em Gil (1993), referiremos algumas das deformações mais comuns que proporcionam uma imagem da natureza da ciência muito difundida pelo ensino. Entre outras são referidas:

- Uma perspectiva linear e cumulativa do desenvolvimento da ciência que ignora as dificuldades e alterações das teorias e conceitos.
- Uma perspectiva “elitista”, que esconde o significado atrás de aparato matemático, dominado por minorias especialmente dotadas e raramente do sexo feminino (inclusão nossa).

Acrescentando que pode levar a uma visão:

- empirista e atórica que identifica a ciência com a observação e o laboratório, pressupondo que o conhecimento científico é conseguido pela acumulação de dados, sem ligação ao problema que o antecede e os conhecimentos já existentes sobre o assunto.

- aproblemática e ahistórica que transmite os conhecimentos já elaborados sem mostrar os problemas que originaram a sua construção
- individualista em que o conhecimento científico é privilégio de génios isolados, ignorando o papel do trabalho colectivo de sociedades e de grupos.
- descontextualizada socialmente neutra, isolada dos problemas do mundo e das relações com a técnica e a sociedade.

Estas visões deformadas da ciência têm sido encontradas por variados outros estudiosos.

A concepção cumulativa do desenvolvimento da ciência foi encontrada por Fernandez et al (2002) que afirmam:

El desarrollo científico aparece como fruto de un crecimiento lineal, puramente acumulativo, ignorando las crisis y las remodelaciones profundas, fruto de procesos complejos que no se dejan ahormar por ningún modelo definido de cambio científico.

(op. cit., 2002:481)

tal como se referem à visão aproblemática

se transmiten conocimientos ya elaborados, sin mostrar cuáles fueron los problemas que generaran su construcción, cuál ha sido su evolución, las dificultades, etc., ni mucho menos aún, las limitaciones del conocimiento científico actual o las perspectivas abiertas. (sublinhado nosso)

(Fernandez et al, 2002: 480)

A visão ahistórica do ensino que, mostra aos alunos uma imagem “enviesada” da natureza da ciência e sua evolução, é apontada por Solbes e Travers (1996) como possível causa de falta de interesse dos alunos e da respectiva atitude de fraco agrado perante o estudo das ciências. Cachapuz e Praia (2000) identificam a visão escolar do passado científico como “um antecedente em crescimento linear sem ter em conta os contextos culturais da época”.

Para além disto, como afirmam Vilches e Furió (1999:6):

...se proporciona una imagen de los científicos encerrados en torres de marfil y ajenos a la necesaria toma de decisión...

o que vai de encontro à imagem dos cientistas, que Fernandez et al (2002: 482) encontraram nos artigos analisados, como seres “por encima del bien y del mal”. De facto, uma das deformações mais tratadas nos artigos analisados pelos referidos autores é a que transmite uma visão individualista e elitista da ciência:

Los conocimientos científicos aparecen como obra de genios aislados, ignorando-se el papel del trabajo colectivo, de los intercambios entre equipos... En particular se deja creer que los resultados obtenidos por un solo científico o equipo pueden bastar para verificar o falsas una hipótesis o, incluso, toda una teoría.

(op cit: 482)

Sublinhando a ideia de que a vertente histórica do ensino das ciências tem sido, muitas vezes, considerada inadequadamente pelos professores, Cachapuz e Praia (2000) um estudo através do qual identificaram a mesma visão afirmam que se está a:

sobrevalorizar a ideia de historia como resultante da acção de “grandes homens”, em detrimento das equipas de investigadores, esquecendo a importância dos contextos históricos, sociais e culturais.

(op cit: 73)

Os mesmos autores identificam ainda, no referido estudo, as tendências seguintes:

- avaliar a construção do conhecimento científico de uma determinada época apenas à luz dos princípios epistemológicos do nosso tempo e transportando para o “julgamento” do passado exclusivamente os valores culturais da sociedade ocidental;
- combater a ênfase colocada numa historia que quase só refere os sucessos, ignorando os debates e os conflitos
- salientar o papel das individualidades masculinas e exclusivamente do mundo ocidental, desvalorizando e ignorando o carácter colectivo do empreendimento da ciência.

À maioria dos estudantes o ensino das ciências pode parecer pouco interessante, algo abstracto e formal, como já referimos, e que nos parece compreensível, dadas as condicionantes. Basta fixarmo-nos na História das Ciências para nos darmos conta das fontes de interesse já que, de acordo com Gagliardi (1998) e Gil et al (1991), referidos por Vilches y Furrio (1999:7):

...el desarrollo científico ha venido marcado por la controversia, las luchas por la libertad de pensamiento, las persecuciones, la búsqueda de soluciones a los grandes y pequeños problemas que la humanidad tenía planteados, y todo ello está lejos de resultar algo aburrido y monótono.

Considerando que as revoluções científicas marcaram uma alteração no modo de olhar o mundo, advém a necessidade de retomar aspectos sociais e históricos que poderão permitir uma visão mais contextualizada de ciência e com maior potencial motivador. Solbes e Travers (1996) preconizam a introdução dos referidos aspectos que mostram de que maneira se produzem os conhecimentos científicos, em que contextos apareceram determinadas teorias e que influencia exerceram sobre a própria sociedade. Outros investigadores como Wang e March (2002: 169) afirmam mesmo que “*teachers who practice the inclusion of the history of science identify many benefits for their students*”, continuando pela convicção que os estudantes podem compreender:

1) The psychological factors involved in science making. The history tells what motivated or inspired a scientist to sacrifice years of life and dedicate to scientific research.

2) The science history illustrates a process of how scientists, both as researchers and as members of society, have interacted with the scientific discourse, society, or government to pursue and advance their research and to influence the general public.

3) As the science history being introduced, there are vivid presentations of various cultural factors associated to the science research. Such an element can enhance cultural understanding.

(Wang e Marsh, 2002:177)

Na opinião de Solbes e Travers (1996) a História das Ciências pode contribuir para o desenvolvimento e aprofundamento do construtivismo, complementando-se com a sociologia, a epistemologia da ciência e a psicologia da aprendizagem. No mesmo contexto consideram que é

importante apoiar-se na história das ciências para transmitir a ideia de que a ciência é uma construção para resolver problemas, ainda que não o seja em exclusivo. Também é o conjunto de instrumentos e instituições, que permitem obter os dados e os resultados, e a comunidade científica que os obtém, sem deixar de lado as relações CTS (com o estado, a indústria, a saúde, a educação, etc.) nem o seu impacto ideológico (fonte de ideias e de mudanças em muitas crenças e opiniões) (Serres et al., 1996).

Nesta linha de ideias só assim poderemos dar uma imagem mais completa do empreendimento científico sem o reduzir aos produtos, instrumentos e métodos, esquecendo as pessoas que trabalham nele e as suas relações com o contexto social e ambiental. Este entendimento leva a que Wang e Marsh preconizem a introdução da História das Ciências na educação em ciências considerando que *“it provides meaningful perspective about scientific concepts, processes, and context”* (op. cit. 2002:184) e acrescentando:

Recommendations for using a historical approach to enhance conceptual understanding of science are based on several arguments. These arguments for using a historical approach include several purposes: 1) to enrich the presentation of scientific knowledge; and 2) to emphasise the tentative nature of scientific knowledge three-fold. Each of these is discussed below.

(Wang e Marsh, 2002:184)

Assim refere, também, Mathews (1994:135) a propósito do caso do pêndulo de Galileu:

As well as improved understanding of science students taught in a contextual way can better understand the nature of science, and have something to remember long after the equation for the period of a pendulum is forgotten.

Cachapuz e Praia (2000:73) preconizam uma história das ciências que não pretende ficar pela controvérsia científica da época, muito menos pela perspectiva heróica, mas *“projectá-la nas suas consequências futuras”*, ou seja, que incorpore elementos tecnológicos, políticos, sócio-culturais que marcaram a sua evolução *“inserindo-a, agora, num outro quadro de referência e ajudando a ‘ler’ e a perspectivar o presente”*.

As controvérsias entre os avanços da ciência, especialmente no nosso século, que põem em confronto os meios de salvar e prolongar a vida com os meios de destruí-la, os meios de destruir o ambiente com os caminhos para um desenvolvimento sustentável e os meios de facilitar a vida a alguns que implicam o empobrecimento de muitos, podem ser de extrema importância para alimentar discussões com base nas ciências, levando a encará-las sob perspectivas mais “humanizadas”, quer para os alunos, quer para os professores.

Levantam-se dificuldades na inclusão da história e filosofia da ciência no ensino das ciências, assim como a sua inclusão nos programas de formação de professores (Mathews, 1994; Solbes e Traver, 1996). Muitos trabalhos parecem ficar na base das suposições, não sendo implementados em sala de aula e não reconhecendo os professores que os mesmos são passíveis de incorporar na sua prática. Esta desconfiança poderá, eventualmente, ser ultrapassada pela vivência do professor como investigador.

Refira-se, também, que as alusões à História das Ciências no programa de Ciências Físico Químicas, e no Currículo Nacional do Ensino Básico - Competências Essenciais⁵ são pouco explícitas, aludindo este último às “competências de conhecimento epistemológico”, nos seguintes termos:

...propõe-se a análise e debate de relatos de descobertas científicas, nos quais se evidenciem êxitos e fracassos, persistência e formas de trabalho de diferentes cientistas, influências da sociedade sobre a Ciência, (...)

(op cit: 133)

Neste âmbito são escassas as considerações a vertentes que a investigação educacional tem vindo a apontar como caminhos a considerar, nomeadamente o uso da História das Ciências no

⁵ Documento que constitui uma referência central para o desenvolvimento do currículo, com a aplicação progressiva do Decreto - Lei 6/2001

ensino, como estratégia potenciadora do desenvolvimento de imagens consistentes sobre a Ciência (Paixão e Cachapuz, 1998).

Nos próprios livros de texto, e quando as há, encontram-se referências a aspectos históricos descontextualizados e a puras aplicações da ciência e da técnica.

Nos mesmos raramente é relevado o papel da ciência na modificação das ideias e na própria história da humanidade, bem como a influência da sociedade no desenvolvimento científico e tecnológico, não mostrando o contributo do trabalho colectivo no desenvolvimento científico.

Já em 1926 Langevin (citado por Valente, 1999:36) escrevia:

L'enseignement scientifique perd à être uniquement dogmatique, à négliger le point de vue historique. En premier lieu il perd de l'intérêt. L'enseignement dogmatique est froid, statique, et aboutit à cette impression absolument fausse que la science est une chose morte et définitive.

Determinadas linhas entendem a História das Ciências como uma exposição cronológica das principais conquistas acumuladas ao longo dos tempos, como uma história descritiva do progresso científico. Ao invés, para muitos pensadores:

... tan interesante resulta estudiar los avances producidos en la construcción de un procedimiento; un concepto o un sistema conceptual, como analizar las razones de un estacamiento, una progression dificultosa o de un retroceso.

Pedrinaci (1994:2)

Sequeiros et al. citados por Pedrinaci (1999: 95) ao afirmam:

La historia de las ciencias ayuda a conocer cuáles fueron los conocimientos que estaban presentes en los momentos en que se produjeron cambios importantes en una ciencia, y su análisis puede permitir determinar cuáles de esos conceptos, procedimientos o actitudes han favorecido la reestructuración del conocimiento y han impulsado su avance.

Parece-nos, pois, que a História e Filosofia das Ciências poderão contribuir para diversificar as estratégias de intervenção na sala de aula, conscientes da dificuldade em concretizá-las, o que vai de encontro ao sentir de Carvalho (2000), já referido.

Desde a ligação de tópicos de diferentes áreas até ao fornecimento de problemas susceptíveis de serem abordados pelos alunos, poderão revelar grande valor educativo, não se substituindo a quaisquer outras dimensões, mas complementando-as no sentido de contribuir para uma verdadeira cultura científica do cidadão.

A História das Ciências poderá ajudar a mostrar como surgem as teorias, como têm um período de aceitação ou como são superadas por outras com maior abrangência ou maior poder explicativo. Deste modo pode facilitar o carácter construtivo do conhecimento científico e é, possivelmente, um meio contra a visão dogmática do saber que aceita verdades definitivas.

O que nos parece mais importante é que a história das ciências leva os estudantes a entenderem que a ciência não é um corpo de conhecimentos com carácter definitivo. O conhecimento sobre o mundo está sempre a crescer, a evoluir...e há muito que “descobrir” e imaginar. Na história, o que consideramos factos científicos, que em duzentos anos pode ter sido refutado, após novas informações pode ser retomado (Wang e Marsh, 2002), atestando que a ciência não é dada mas construída, essencialmente apoiada na imaginação humana.

Se considerarmos os modos como são tratados habitualmente os conhecimentos científicos e como são esquecidas as condições em que surgiram, as questões a que tentaram dar resposta, poderemos concordar em que esta via poderá ser um caminho de pôr em evidência a influência da estrutura sociocultural como meio de humanizar a ciência e aproximá-la do aluno.

Para Mathews (1994:135):

...it is clear that 'contextual' science is not a cop-out from serious, or hard science, but the reverse. To understand what happened in the history of science takes effort. Further, it is appealing to students.

E prossegue

A frequent refrain from intelligent students who do not go on with study in the sciences is that 'science is too boring, we only work out problems.' the history of human efforts ... is far from boring: it is peopled by great minds, their debates are engaging, and the history provides a story line on which to hang the complex theoretical development of science.

Relembremos as afirmações de Stengers (1983) acerca das “múltiplas histórias das ciências”, num posicionamento também partilhado por Shapin (1999: 31):

Não considero que exista uma “essência” da ciência do século XVII, ou mesmo das reformas científicas seiscentistas. Por conseguinte, não há uma história única e coerente capaz de apreender todos os aspectos da ciência, todas as transformações, que nos interessem, a nós, modernos do final do século XX.

Dado que não existe, do meu ponto de vista, uma essência da Revolução Científica, é legítimo contar uma multiplicidade de histórias, cada uma delas com a aspiração de focar determinada vertente real da cultura passada.

Não descurando as especificidades que lhes dão origem acreditando que, como diz Valente (1999:551):

Se há aspectos que são criticados, rejeitados mesmo, pelos historiadores da ciência, eles podem ser valiosos para o contexto educativo.

Neste sentido, ao “contar-se” a história da ciência será de extrema importância “introduzir ‘histórias’ na história” (Santos, 2001). De acordo com esta perspectiva, a ênfase em aspectos históricos da ciência, não colocando de lado a ciência em si própria como finalidade principal, será concretizada através de “histórias” da ciência com valor pedagógico. Isto significa que

A selecção é um elemento necessário a qualquer narrativa histórica e que a historia definitiva e exaustiva não existe, por mais paginas que o historiador escreva sobre um excerto do passado. Aquilo que seleccionamos representa, inevitavelmente, os nossos interesses mesmo que, a todo o momento, aspiremos a “contar exactamente como foi”. Isso quer dizer que há sempre algo de “nós” nas histórias que contamos sobre o passado.

(Shapin, 1999: 31)

Esta linha de ideias, como afirma Santos (2001:118):

...rebate o estilo admirativo por personalidades 'canónicas' que, acumulando factos e ideias, constroem isoladamente e por 'truques mágicos' doutrinas que se assemelham a 'doutrinas de fé'.

Wang e Marsh (2002: 184) num estudo feito com professores que usaram a história das ciências na sua prática concluem:

Teachers who believe in and practice the inclusion of the history of science help students understand that scientists also work in a community where new knowledge is built on other people's endeavour.

Um dos objectivos, neste contexto, é que a História das Ciências se aproxime de uma história que dê valor aos seus construtores, tanto nas virtudes como nos erros, que possa atender a mais do que uma visão sobre determinado assunto, que não esconda os obstáculos nem as controvérsias e os processos que levaram à mudança de ideias.

Teachers who believe in and practice the inclusion of the history of science introduce the notion that science is a human endeavour and scientists are human like the rest of us.

(Wang e Marsh, 2002: 184)

Esta perspectiva requer que se envolvam os conceitos em contextos com significado humano, dando importância à história da ciência para a compreensão da natureza da ciência:

As histórias das ciências, que são 'histórias' dos homens construindo o conhecimento científico através dos tempos, podem ser usadas para ensinar a natureza da ciência aos alunos de hoje.

Roch & Wandersee, 1995, citados por Santos (2001:119)

Domingo Sarmiento (1845) citado por Lombardi (1997: 344):

Los hechos están ahí consignados, clasificados, probados, documentados; fáltales, empero, el hilo que ha de ligarlos en un solo hecho, el soplo de vida que ha de hacerlos en un solo hecho, el soplo de vida que ha de haerlos enderezarse a todos a un tiempo a la vista del espectador, y convertirlos en cuadro vivo.

Si estas consideraciones son validas en el ámbito de la investigación histórica, lo son aún más en el caso de la enseñanza de historia. Todo relato histórico

orientado a la enseñanza debe necesariamente seleccionar algunos hechos considerados relevantes a la luz del sentido que se desea brindar a tal relato.

Na mesma linha de ideias de Wang e Marsh (2002: 184):

There have been multiple efforts to humanise science in science education over the past 40 years. Three of these efforts are discussed as context or examining current efforts to humanise science education.

Kubli (2001: 179) afirma “*The narration of historical details is an art. It can be learned...*” acrescentando “*Science teachers can profit from an education in this direction*”.

Acrescentaríamos nós “nesta e noutras direcções”, já que não preconizamos um único caminho, mas a disponibilidade constante a trilhar “novos caminhos”, considerando que a narração de detalhes históricos exige do professor a produção de narrativas com interesse pedagógico e que esta produção só se poderá concretizar através da investigação.

Não deixando de lado a importância de nos centrarmos em “quem aprende”, não podemos deixar de nos preocupar com “quem ensina”, com as novas exigências e desafios dos tempos actuais e com os novos paradigmas da formação de professores. Não podemos, pois, deixar de parafrasear Valente (1999:547):

As questões do ensino – aprendizagem das ciências são complexas e a forma, quanto a nós de evoluir reside em diversificar o mais possível os problemas e os métodos, sob pena de se poder cair no risco de um sistema de produção de ideias ‘inertes’.

Para poder diversificar é importante que o professor seja reflexivo da sua própria prática, quer como professor quer como investigador. Um dos instrumentos de reflexão é, quanto a nós, a História e a Filosofia das Ciências.

Nesta linha de ideias o acto pedagógico tem de ser uma construção constante do professor, a partir da análise que fez das situações com que se depara e das reflexões provenientes da

investigação. Por outro lado importa ligar mais eficazmente investigação e formação, única forma de ultrapassar a linha que separa o “discurso beato” do “realismo conservador” (Perrenaud, 1993) investigação para a qual os formadores deverão ser sensibilizados e iniciados.

Cachapuz (1995) sugere que se propiciem aos professores na sua formação didáctica, os meios adequados a leva-los a tornarem-se mais reflexivos, avaliadores e insatisfeitos em relação às suas praticas de ensino, críticos das praticas e preparados para as mudarem. Fala do professor-investigador, aquele que planifica a sua acção, se auto-observa, reflecte criticamente sobre o que “vê” e utiliza as ilações que daí retira para mudar as suas praticas de docência. A formação é vista como um processo de investigação-acção cujo produto é reinvestido na melhoria do ensino, por incorporação de novas metodologias e novas formas de pensar. Solbes e Traver (2001: 152) são de opinião que:

Creemos que es posible introducir aspectos de historia de la ciencia en la enseñanza de la física e de la química para conseguir que los alumnos comprendan mejor la manera cómo se construye e se desarrolla la ciencia y qué repercusiones sociales tienen estos conocimientos. En consecuencia, pensamos que esto producirá una actitud positiva hacia los conocimientos científicos, que mejorará el ambiente del aula y el interés de los alumnos por participar en el proceso de enseñanza-aprendizaje, que lo hará más enriquecedor, de manera que integre las ciencias como parte inseparable del saber humano de carácter general. Del mismo modo, esperamos que este tratamiento recibirá una valoración positiva por parte del profesorado.

Os estudos efectuadas por Solbes e Traver (2001) mostram que os alunos que seguiram um curso de física e química com um tratamento histórico, baseado na mudança conceptual e atitudinal mostram uma imagem da ciência mais contextualizada e próxima da realidade, que a percepção do formalismo matemático como objectivo prioritário diminuiu, que diminuiu o número de alunos que manifestam uma ideia cumulativa da ciência, que aumentam os que recordam algumas crises na evolução da ciência e os que indicam controvérsias. Aumentam também os que melhor compreendem os aspectos relacionados com a contextualização dos

conhecimentos científicos e os que se interessam por conhecer aspectos ligados à criatividade na ciência, biografias de cientistas e relações CTS.

Após a utilização de alguns materiais e comparando os resultados obtidos, as consequências podem ser, de acordo com os mesmos estudiosos, a possibilidade de desenhar materiais curriculares com um enquadramento histórico e usá-los nas aulas de física e química, de maneira que contenham diversos aspectos que mostrem uma imagem das ciências físico químicas mais próxima da realidade, e mais de acordo com a sua evolução histórica, considerando que:

A teacher only needs a small range of stories to convey the key ideas of the nature of science to children.

Wellington, 2000: 247

Em suma

A fim de concretizar e modificar aspectos relacionados com o ensino aprendizagem das ciência e com a sua imagem, numa perspectiva de formação de alunos reflexivos e de cidadãos intervenientes, e após consulta de literatura, estamos convictos que o uso da História das Ciências permitirá ajudar os alunos a ter uma nova imagem da ciência e dos cientistas mais próxima da realidade, a qual implicará:

- considerar a ciência como uma construção sistemática de conhecimentos elaborada ao longo da historia e não como um conjunto de descobrimentos mais ou menos fortuitos e de realidades preexistentes;

- reconhecer os problemas significativos que há na base da construção dos conceitos mais importantes e das principais teorias científicas e que em diferentes momentos históricos abriram as linhas de investigação mais produtivas;
- atribuir às experiências científicas um valor apropriado como uma etapa mais no processo de resolução de um problema, relativizar os resultados dentro dos seus limites de validade e não lhes atribuir de maneira irreflectida o valor pedagógico que por si só podem não ter;
- atribuir ao formalismo matemático o valor instrumental útil e necessário para aprofundar a descrição, operacionalização e desenvolvimento das hipóteses elaboradas previamente de forma qualitativa;
- reconhecer a existência de crises importantes na evolução dos conhecimentos científicos, tanto no âmbito geral dos principais paradigmas como no interior destes e desmistificar o carácter cumulativo dos conhecimentos científicos.
- reconhecer, enfim, que a evolução dos conhecimentos científicos ao longo da história não é um processo linear e que se produziram crises importantes nos chamados paradigmas científicos, do mesmo modo que as ideias dentro de um mesmo paradigma nem sempre tem sido imutáveis e geraram controvérsias que têm produzido modificações importantes.
- reconhecer o carácter colectivo do trabalho dos cientistas, sendo constante o intercambio de ideias e o contraste de opiniões firmemente fundamentadas em trabalhos de origens diversas cujos resultados convergem e se mostram coerentes.

- reconhecer algumas implicações sociais das principais ideias do pensamento científico no desenvolvimento geral da humanidade e a força deste para transformar a nossa percepção do mundo e ter uma visão mais humanizada da ciência.
- valorizar adequadamente as contribuições das mulheres cientistas, habitualmente ignoradas por uma visão da ciência frequentemente centrada em determinadas épocas e em certos tópicos masculinos.

História e a Filosofia das Ciências nas problemáticas educativas

Os resultados de um estudo realizado por Meichtry, em 1992, apontarão para que se o professor ou o currículo não visam directamente a natureza da ciência, os estudantes aprendem usando separadamente as suas dimensões, não fazendo conexões sozinhos e que, mesmo usando um programa específico para desenvolver o entendimento da natureza da ciência não é garantido que tal entendimento seja desenvolvido. Importa, neste contexto, referir que, muitas vezes, natureza da ciência e do conhecimento científico têm várias dimensões usadas na literatura para referir os mesmos entendimentos. Assim, e após diversas leituras, entendemos que a natureza da ciência é uma reflexão específica, própria da ciência.

De acordo com Bevilacqua, F. e Giannetto, E. (1996), e neste entendimento da natureza da ciência e do conhecimento científico, nos últimos quinze anos um grupo de físicos europeus tem trabalhado no sentido de uma aproximação da educação em física baseado nas práticas actuais da investigação em física, rejeitando a apresentação padronizada através dos manuais escolares. De

acordo com os mesmos autores estes trabalhos vêm preconizando análises de documentos originais, debates científicos e dispositivos históricos importantes.

Cachapuz, A., Praia, J. Jorge, M. (2000:73) sugerem algumas formas de utilização da História e da Filosofia das Ciências no ensino das Ciências:

- dar pistas sobre eventuais obstáculos epistemológicos;
- introduzir na aula a discussão sobre a produção, a apropriação e o controlo de conhecimentos a nível social e individual;
- facilitar a construção, pelo aluno, de conceitos estruturantes da disciplina permitindo uma melhor compreensão das suas especificidades e relações com outras áreas;
- permitir uma melhor compreensão das mudanças sociais no mundo actual, num contexto complexo de interações de produção de conhecimentos e de tecnologias, com profundas alterações na Natureza e da relação do Homem com ela.

A utilização que pretendemos fazer da História das Ciências não caberá nestes itens já que desenvolvemos a ideia de introdução de uma narrativa histórica, que permita contactar com alguns aspectos da forma de pensamento científico que possa ser incorporado na prática diária, assumindo que:

It is important to have some stories and recognise that stories are an important part of the culture of science.

Wellington, 2000: 247

O valor educativo da narração

Um percurso exacto
Um discurso claro
O rigor em acto
O escuro raro

Eugénio Lisboa (Poema Euclides)

Eugénio Lisboa ao nomear o “escuro raro” como a chegada de um percurso exacto permite-nos começar a problematizar a natureza do conhecimento científico de uma forma interessante já que nos permite contrastar com a ideia de “luz” associada ao conhecimento científico para os que consideram que há uma realidade física inacessível mas da qual nos aproxima o conhecimento científico. Para que o discurso claro da ciência não se transforme num “escuro” frequente é necessária a sua contextualização. Como diz Bruner (2000: 71):

“O desafio é sempre o de situarmos o nosso conhecimento no contexto vivo que põe ‘o problema de apresentação’... este contexto vivo no qual a educação está envolvida, é a sala de aula – a sala de aula situada numa cultura mais ampla”.

Bruner chama a atenção para a reviravolta que aconteceu nos pensadores em geral, e que passa agora a exprimir-se na educação, realçando a importância da compreensão.

O autor refere-se, na sua obra “The Culture of Education” (1996:90) à compreensão afirmando “*Understanding, unlike explaining, is not preemptive*” e adianta:

“Understanding is the outcome of organising and contextualizing essentially contestable, incompletely verifiable propositions in a disciplined way”

fazendo a apologia da narrativa como um dos principais meios de realizar a compreensão

“by telling a story of what something is about”

na mesma linha de ideias Vygotsky (1982:27) afirma “*El cuento ayuda a explicar complejas relaciones prácticas*”.

Valente (2000:547) cita também um documento, produzido por uma equipa de investigadores britânicos, que atribui uma importância capital ao papel das narrativas na educação científica, para o futuro. No documento referido (*Beyond 2000 – science education for the future*, 1998:2013) afirmar-se-á:

That science education should make much greater use of one of the world's most powerful and pervasive ways of communicating ideas – the narrative form – by recognising that its central aim is to present a series of 'explanatory stories'. (...)By using the word 'stories' we do not, of course, wish to suggest that the explanatory accounts provided by science are 'mere fictions'. Rather we want to emphasis the value of the narrative in communicating ideas and in making ideas coherent, memorable and meaningful.

Estas “histórias” que parecem ter tido importância na história da nossa cultura, poderão continuar a ter importância ao nível da educação (Santos, 2001). Estas “histórias” (story) são, contudo, diferentes da História (history) das Ciências, podendo basear-se nela de forma a tornarem-se instrumentos pedagógicos poderosos, pela importância que assumem e que lhe é atribuída por investigadores como Peter Medawar (citado por Wellington, 2000: 247), chegando mesmo a afirmar “*scientific theories are the stories that scientists tell each other*”.

Pese embora muitos esforços por parte de professores, a imagem que a ciência escolar transmite parece-nos ser, concordando com Bruner (2000) “desumana” e “desmobilizadora”. É nossa convicção que a imagem da ciência poderia ser modificada se fosse concebida e construída num contexto de história de seres humanos, com as suas virtudes e as suas debilidades, produzindo novos problemas e construindo novas ideias. Uma fonte importante e interessante para a produção de narrativas nos contextos de educação científica será a História das ciências e das ideias, em geral.

Importa conseguir o envolvimento dos alunos na narrativa a dois níveis: um “objectivo”, “real”, que é a informação que o narrador transmite, e outro “subjectivo” e individual,

dependendo da imaginação que é estimulada em cada receptor, já que “*nenhuma história pode ser enclausurada dentro dos limites de um horizonte individual*” (Bruner, 2000: 131).

Dado que cada interpretação é pessoal, nenhuma interpretação narrativa inviabiliza todas as alternativas, as narrativas levantam uma questão muito especial relativamente aos critérios. Por força de que normas podem as narrativas concorrentes ou as interpretações concorrentes de uma narrativa ser julgadas como “correctas” ou “aceitáveis”?

Umam poderão estar mais radicadas nos factos ou nos contextos, outras retoricamente mais aceitáveis. Na senda do pensamento de Bruner (2000) seja qual for a posição sobre as “histórias alternativas” não é anti ciência nem anti pensamento científico. As explicações científicas são acréscimos à interpretação narrativa, e vice-versa. Certos esforços teóricos nas ciências poderão ser, de facto, enriquecidos e ilustrados pelas narrativas.

Outro modo de entender a história será mais como um meio de entender o passado do que um relato do que terá acontecido. Como afirma Bruner (2000: 126) “*A história nunca acontece simplesmente: é construída pelos historiadores*”, sendo que:

For it is very likely the case that the most natural and the earliest way in which we organise our experience and our knowledge is in terms of the narrative forms

Bruner (1996:121)

O que é afinal uma narrativa?

Uma narrativa implica uma sequência de eventos. A sequência veicula o significado.

A sequência de eventos é seleccionada pelo narrador, nem todos merecendo ser contados em todas as circunstâncias. A narrativa aparece, pois, como um discurso que vale pelo

inesperado, pela sequência dos eventos, por aquilo que põe em dúvida, pela dúvida ou curiosidade que satisfaz, pela rectificação, explicação ou resolução daquilo que pôs em causa.

Em geral a narrativa utiliza linguagem “acessível”, pouco formal e envolvente. No mínimo implica uma personagem que age para atingir um fim, num contexto reconhecível. O que prende é um certo desajuste entre agentes, afectos, contextos e meios (Bruner, 1996) que se torna, ao fim e ao cabo, a “autorização” para contar a história.

De acordo com Bruner (1996: 121) “*A story then has two sides to it: a sequence of events and an implied evaluation recounted*”, acrescentando que a História da Ciência pode ser contada como se se tratasse de narrativas quase heróicas, relativas à Resolução de Problemas.

O uso da narrativa

A estrutura da história a ser contada reflecte uma arquitectura básica e poderosa através da qual podemos atribuir sentido ao mundo. De um modo geral, verifica-se que os alunos se deixam envolver rápida e intensamente pelas histórias, envolvendo o imaginário como um poderoso “instrumento” de aprendizagem que poderá, simultaneamente, tornar o ensino significativo.

O valor pedagógico de uma narrativa assentará, assim, na capacidade de exibir perplexidades, valorizar a imaginação científica e desenvolver o pensamento reflexivo, no sentido de voltar ao que se aprendeu por meio de exposição, pensando sobre o próprio pensamento (Bruner, 1996).

Nesta linha de ideias é nosso entender que a produção de narrativas históricas com valor pedagógico pode constituir programas de investigação, fazendo a transposição da História e Filosofia das Ciências para a Didáctica (Praia e Cachapuz, 1998), culminando na apresentação de sugestões didácticas articuladas com a investigação em Educação.

A introdução na narrativa, quer escrita quer oral, em especial envolvendo actividades com História das Ciências não se limitará a umas actividades esporádicas, sendo possível desenvolver um tema completo que utilize como fio condutor a história para a introdução dos conceitos. É neste pressuposto que se baseia a nossa proposta.

Para dissipar a preocupação com eventuais atrasos temáticos, em consequência de aumentar os conteúdos com aspectos históricos, esclarecemos que não se trata de tal, mas de reorganizar a abordagem utilizando o fio condutor histórico ou, pelo menos, tê-lo presente na introdução de alguns aspectos do tema de onde se partirá, de modo que não haja necessidade de aumentar os conteúdos habituais, já sobrecarregados.

Breve reflexão - Coincidência entre os tempos da formação e da acção

Não existe nenhum tema que não precise de ser mais investigado; é esta crença que dá sentido à vida do investigador.

R. Bogdan & S. Biklen

Se queremos reestruturar e mudar as perspectivas de ensino temos que desenvolver um trabalho de exigência continuada, capaz de conduzir a mudanças de perspectivas de ensino e aprendizagem das ciências, de novos entendimentos sobre o currículo e, portanto, a novas práticas.

O professor ao pôr o currículo em acção, fá-lo de uma forma atenta, intencional e fundamentada, organizando estratégias e actividades que estimulam a problematização e a formulação-síntese de ideias, assim como as crenças dos alunos. Trata-se de ajudar e não de dirigir, de compreender mais as dificuldades do que resolvê-las, de incrementar estratégias conjuntas com os alunos, de os ajudar a desenvolver actividades de resposta possível às dificuldades, estimulando os alunos a repensar e a reflectir, passo a passo, os seus próprios caminhos e fontes de trabalho.

Cachapuz, A., Praia, J. Jorge, M. (2000: 75)

Conceber as práticas de ensino como investigação permanente poderá consistir em pôr em acção o conceito de professor investigador da sua própria prática. Significará isto, na senda das ideias defendidas por Schön reflectir criticamente sobre o processo de ensino-aprendizagem, utilizando a reflexão crítica e a investigação num projecto de mudança das próprias práticas, pela incorporação de novas práticas e pela assunção de mudanças.

Num tal empreendimento a investigação alia-se à própria prática, numa tentativa de constante inovação, de modo que a própria formação seja entendida como um processo tendente à

produção de conhecimento, sendo reinvestida na melhoria de estratégias inovadoras no ensino das Ciências (Cachapuz, 1995). Neste sentido, a articulação entre investigação/formação/ensino será mais fecunda se os professores que a levam à prática estiverem fortemente envolvidos no processo. A História e Filosofia das Ciências poderá alimentar a investigação permanente dos professores, já que, quando se trata de ensino das ciências “*não existe nenhum tema que não precise de ser mais investigado*”. Nesta linha de ideias Martins e Silva (2001:287):

A correct understanding of the structure and dynamics of science is essential to education. Without such an understanding, many mistakes may easily occur.

Um dos recursos da História das Ciências pode ser a utilização da narrativa, que precisa de ser alimentada com permanente investigação, procurando as “histórias” da História das Ciências, já que, “*generaly children enjoy them, teachers enjoy telling them and would like to know more of them*” (Wellington, 2000: 240).

Segunda parte: Desenvolvimento da problemática

Capítulo I : Acerca da investigação em ciências da educação

A escolha da metodologia adequada parece-nos uma importante decisão a tomar, em especial num contexto de ciências humanas e, mais concretamente de ciências da educação.

O contexto educativo e, em particular a sala de aula poderão prestar-se aos mais variados métodos e técnicas de pesquisa, pois que a sua complexidade e diversidade levam à utilização de técnicas próprias de outras ciências, basicamente ciências sociais e humanas. Tal facto poderá dever-se tanto à formação de base dos investigadores, como à valorização incondicional de modelos metodológicos que, utilizados no âmbito de outras ciências foram importantes para o progresso do conhecimento (Lessard-Hébert et al., 1994).

Na senda da investigação quantitativa, os ecos que chegam às escolas básicas e secundárias são, muitas vezes, os questionários a que professores e alunos respondem, mais ou menos voluntária e sinceramente. A expectativa dos que estão “do lado de cá”, relativamente à investigação é, pois, muito pequena. Num momento em que está a aumentar o número dos que, estando “no terreno”, se envolvem em trabalhos de investigação, urge mudar esta imagem. Sem pretender pôr em causa a importância, e a pertinência, destas abordagens procuramos, no entanto, marcar o nosso ponto de vista relativamente ao “*peso excessivo que esse tipo de problemáticas e metodologias têm tomado no que diz respeito à investigação no âmbito da educação científica*” (Valente, 1999). De acordo com Huberman e Miles (1991: 22):

Les donnés qualitatives sont séduisants. Elles permettent des descriptions et explications riches et solidement fondées de processus ancrés dans un contexte local

A técnica básica de tratamento e exploração dos dados qualitativos é a análise de conteúdo, ou análise qualitativa, que incide sobre os materiais verbais ou escritos investigados. É sobretudo neste ponto que reside a maior fonte de polémica: a “matéria” com que se trabalha são palavras, imagens, gráficos e não números, com maior ambiguidade mas também maior riqueza. Podem ser recolhidos de diversos modos (observação, entrevistas, extractos de documentos, registos) e mais

ou menos tratados antes da sua utilização (por revisão ou transcrição), mas são sempre palavras, ou outras mensagens, mais ou menos organizadas. No nosso trabalho tentaremos avançar por algumas categorizações e interpretações dos dados disponíveis, até porque os dados não são mais que um material, a partir do qual se realizarão as operações para formar um todo coerente e significativo.

A análise de dados é vista, por alguns, como uma das tarefas mais difíceis no processo de investigação qualitativa. Os diferentes sentidos que os dados poderão ter, a sua natureza essencialmente verbal, a sua irrepetibilidade e, por vezes, o grande volume dos mesmos, tornam difícil e complexa a tarefa. Discordando daqueles que encaram a investigação qualitativa como de carácter intuitivo, Huberman e Miles (1991) consideram que este campo necessita de métodos explícitos e sistemáticos que assegurem alguma formalização do processo de análise, entendida como um conjunto de manipulações, transformações e reflexões, que se realizam com os dados, com o fim de extrair significado relevante. Os mesmos autores (op. cit: 34) são de opinião que esse processo “se compose de trois flux concourants d’activités”, não necessariamente sequenciais mas interactivos e cíclicos:

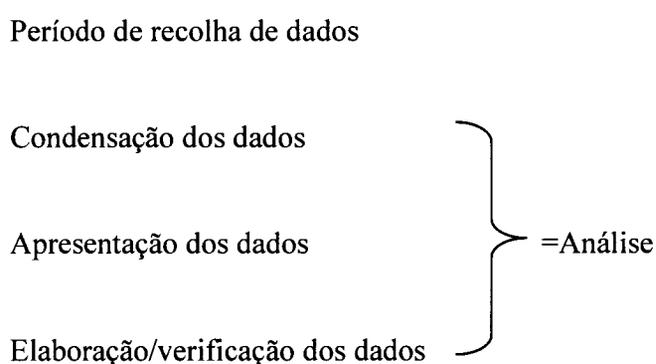


Figura 1 – Componentes da análise de dados: Modelo de Flux (Huberman e Miles, 1991:34)

A condensação implica processos de selecção, contracção, simplificação, abstracção e transformação dos dados de que se dispõe, de tal modo que se possa tirar conclusões “finais” e “verificá-las”. Assim, e de acordo com os mesmos autores, a condensação dos dados está presente em todas as fases de “um projecto de orientação qualitativa”. No decurso do estudo são recolhidas numerosas informações. O primeiro tipo de tarefas deverá consistir na sua simplificação, seleccionando informação para poder tratá-la. Huberman e Miles (1994) consideram que pode haver uma redução antecipada de dados quando se delimita a recolha, deixando determinadas variáveis e prestando atenção a outras, ou mesmo quando o investigador resume ou esquematiza as suas informações. De qualquer modo, os dados recolhidos supõem um conjunto conscientemente reduzido do universo possível, tendo em conta determinados critérios.

A apresentação dos dados implica uma estruturação dos mesmos de forma a permitir extrair conclusões. A forma mais “tradicional” de apresentação dos dados é o texto narrativo que, muitas vezes, é de difícil manipulação. Neste contexto recorre-se, em geral, a uma organização que evite o alongar do texto, ganhando em estruturação e clareza. Huberman e Miles (1994) descrevem diferentes procedimentos para a apresentação de dados qualitativos. Corresponde à organização matricial, gráfica ou tabelar da informação, de modo a facilitar a extracção de conclusões. Qualquer tomada de decisão neste sentido implica um conjunto de decisões que são actividades de análise.

Uma outra componente do processo de análise destina-se à obtenção de resultados e conclusões, em relação aos objectivos de cada investigação. Debaxo desta denominação de conclusões aparecerão, em geral, os resultados, os produtos da investigação e a interpretação que se faz dos mesmos. Assim, os resultados de um estudo avançarão na explicação, compreensão e conhecimento da realidade, em especial a educativa, de modo a contribuir para a teorização ou intervenção sobre a mesma realidade. A tarefa de extrair conclusões não poderá circunscrever-se a

qualquer um dos momentos do processo. Em geral, a leitura inicial dos dados traz ao investigador impressões que podem constituir as primeiras conclusões, ainda que provisórias. Assim, a elaboração/ verificação de conclusões é posta em prática desde o início da recolha de dados, começando o analista a decidir do sentido do estudo, identificar regularidades possíveis, explicações, configurações e fluxos de causalidade, tal como no esquema.

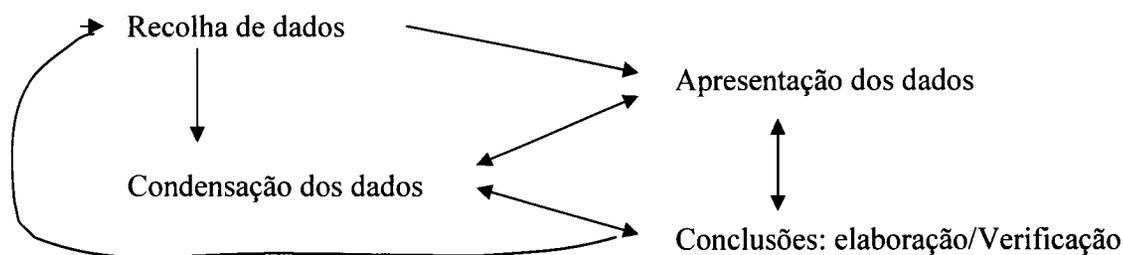


Figura 2 – Componentes da análise de dados: Modelo Interactivo (Huberman e Miles, 1991:37)

Como suporte transversal destas actividades funciona a categorização que permite dar um sentido aos dados qualitativos, implicando transformar notas, descrições e justificações mais ou menos prolixas, até chegar a uma quantidade de unidades significativas e manuseáveis. Assim, esta actividade consiste numa *“operação de classificação de elementos constitutivos de um conjunto, por diferenciação e, seguidamente, por reagrupamento segundo o género, com os critérios previamente definidos”* (Bardin, 1997, citado por Valente, 1993: 163) que prossegue: *“tem como primeiro objectivo fornecer, por condensação, uma representação simplificada dos dados brutos”*.

As categorias podem ser definidas previamente ou, pelo contrário, surgirem à medida que se analisam os dados, podendo ser ampliadas, modificadas ou mesmo redefinidas.

No dizer de Neto (1998) o sistema de categorias deve ser construído, tanto quanto possível, de modo que as mesmas sejam mutuamente exclusivas de forma que possam associar com consistência e o mínimo de ambiguidade excertos do discurso a uma só categoria. As categorias, de acordo com Evertson e Green, citados por Lessard-Hébert et al (1994:148):

...reflectem as atitudes teóricas, empiricamente deduzidas ou formadas a partir da experiência pessoal do investigador relativamente à natureza do processo, do acontecimento ou do grupo em estudo. (...) As observações estão limitadas à identificação e ao registo dos comportamentos que fazem parte do próprio sistema.

Convém ter em conta que um mesmo conjunto de dados poderia ser categorizado de modo diferente por dois analistas, mesmo com categorias pré-definidas, dado que categorizar dados implica realizar um juízo de valor, tomar uma decisão, que é sempre afectada de subjectividade.

Referira-se que grande número de investigadores qualitativos recorre a diversas técnicas de recolha de dados e de transformação dos mesmos que muitas vezes se complementam. A elaboração/verificação de conclusões é uma actividade que está presente no desenrolar de todo o processo de análise. De acordo com Huberman e Miles (1991: 37):

Les conclusions sont également vérifiées au fur et à mesure du travail de l'analyste. Cette vérification peut être aussi brève qu'une "arrière-pensée" fugitive traversant l'esprit de l'analyste lors la rédaction accompagnée d'un retour rapide aux notes de terrain.

Assim, nesta linha de orientação, em relação ao nosso trabalho, faz sentido que as várias actividades incluídas no processo de análise surjam, de forma sequencial, mas coexistindo ao longo de todo o processo, adaptando-se, genericamente, o modelo interactivo proposto por Huberman e Miles, considerando que

les trois types d'activité analytique e l'activité même de recueil des données forment un processus cyclique et interactif

(op.cit: 38)

e exemplificando o seguinte:

le codage des données (condensation) conduit à des nouvelles idées sur ce qui devrait figurer dans une matrice (présentation). L'entrée des données exige une nouvelle condensation...

Neste sentido, a análise dos dados qualitativos é um processo contínuo e interactivo em que os problemas de condensação dos dados, da sua apresentação, bem como a elaboração/verificação das conclusões se apresentam sistemática e sucessivamente no decorrer do mesmo, não sendo nunca dissociados. O sistema de categorias que o investigador utiliza não servirá apenas para organizar os dados, mas constitui uma primeira fase da obtenção de conclusões. Deste modo, uma das maneiras de obter conclusões poderá ser através da comparação dos dados que se incluem ou se excluem numa categoria (Huberman e Miles, 1994).

As conclusões podem também surgir da comparação com outros casos e situações semelhantes ao estudado. A própria ordenação dos dados, segundo determinados critérios, implica uma interpretação dos mesmos e, de certo modo, constitui um produto de análise. A elaboração de matrizes ou outros esquemas supõe pensar e reflectir sobre os dados e apresentar os resultados dessa reflexão, que poderão constituir desde já algumas conclusões.

Capítulo II: A nossa investigação

Teachers who do not have interested and competence in history and philosophy of science will usually transmit a distorted view of the scientific enterprise to their students.

Mathews

Os objetivos

- Fazer a ligação entre discursos habitualmente separados: o discurso da formação e o discurso da educação em ciências
- Compreender a ideia de ciência subjacente à apresentação e desenvolvimento do conhecimento nos manuais escolares, concretamente na temática “Luz e Visão”.
- Mostrar diferentes dimensões na construção do conhecimento científico.
- Construir uma narrativa histórica que concretize a origem problemática do conhecimento científico e que permita evidenciar o lugar da imaginação e da controvérsia no desenvolvimento da ciência.

O contexto

En regardant d'un oeil critique l'histoire de la lumière, nous pourrions accéder à notre tour savoureuse et amère que l'on appelle science

Bernard Maitte em La Lumière

A vivência de trabalho no ensino básico e secundário, aliada à orientação de estágios pedagógicos, levou a que a nossa atenção se focasse em problemáticas centradas na realidade da sala

de aula, nas suas dificuldades e algumas potencialidades. Neste contexto apercebemo-nos que as nossas concepções sobre a ciência (as concepções dos professores estagiários e as concepções de grande parte dos docentes, de acordo com Fernandez et al, 2002), a miúdo se limitam quase a uma simples transmissão de conhecimentos já elaborados que se vão transmitindo aos alunos, sem uma reflexão crítica. De facto, esta visão, que se transmite aos alunos, tal como a recebemos, inclusive na Universidade (Solbes e Traver, 1996), como um conjunto de leis que se deduzem logicamente a partir de uns princípios, não só deixa na sombra características essenciais da actividade científica (como é o caso do papel da imaginação) mas contribui para reforçar algumas deformações, como a perspectiva linear, cumulativa e aproblemática, que contribui para acentuar o suposto carácter “exacto” das ciências, não ressaltando esta como resultado de uma construção de conhecimento.

A participação em diversos encontros e conferências⁶ e a frequência do Curso de Mestrado em Educação, variante de Supervisão Pedagógica, proporcionou um contacto com conceitos, perspectivas e textos que, muitas vezes, são constitutivos de uma cultura em que coexistem diferentes métodos de produção de conhecimento científico, ajudando-nos a encarar alguns aspectos relacionados da natureza do conhecimento de uma forma mais rica e adequado e muito mais estimulante.

Neste âmbito e com a preocupação de conceber um processo formativo, no sentido de incorporar ganhos conseguidos, começámos a tentar encaminhar o nosso trabalho também como uma autoformação, preconizando uma prática reflexiva/investigativa

. Consequentemente havia que conceber um processo formativo em que o professor incorpore metodologias que o ajudarão ao longo da vida a desenvolver questionamentos relevantes e a elaborar respostas a esses questionamentos.

⁶Nomeadamente nos Seminários organizados pelo Centro de Estudos de História e Filosofia da Ciência, na Universidade de Évora, e nas sessões dinamizadas no âmbito da subcomissão de estágio de Física e Química.

De acordo com estas preocupações o trabalho a desenvolver não poderia restringir-se a estudos de caracterização do que se passa na escola e na sala atendendo a que, na senda do pensamento de Bruner (2000), tudo o que é possível fazer pelo aluno caminhando para a formação de uma visão pessoal é ajudá-lo e animá-lo no seu percurso.

Dirigindo a nossa atenção para uma temática em especial, fixámo-nos na “Luz” por estarmos convictos que constitui uma oportunidade de introdução de alguns aspectos importantes nos processos de desenvolvimento do conhecimento científico, encerrando em si um potencial formativo importante e permitindo exibir alguns passos imaginativos na construção do conhecimento. Algumas incursões históricas acerca da luz permitem-nos acompanhar a emergência do método experimental e a sua transformação num método “mítico”. Basta recorrer ao entusiasmo dos pintores da época para nos apercebermos da sua abrangência cultural. Com esta forma de interrogar a natureza poderemos obter dela respostas a que, espontaneamente, não teríamos acesso. Acompanhar a história da luz pode tornar-se especialmente interessante, já que, a ciência moderna é descendente directa da decomposição do arco-íris (Dawkins, 2000).

Dado que a Luz é abordada, em Ciências Físico Químicas, como um capítulo autónomo apenas no oitavo ano, a nossa atenção dever-se-ia centrar neste nível. Note-se que ao nível da Química há referências à temática a propósito de diversas abordagens, quer no oitavo ano, quer no décimo e décimo segundo. Sendo o nosso interesse dirigido basicamente ao oitavo ano achamos pertinente realizar uma pequena experiência com o terceiro ano de escolaridade, um nível etário completamente diferente, por ser aí a primeira vez que os alunos contactam com conceitos científicos, sendo abordada a temática em questão.

Questionamento e sua pertinência

Afonso e Leite num estudo desenvolvido em 1999 referem ser a temática “Luz e Visão” uma área que cerca de 36% dos professores questionados excluiria do 8ºano, apesar de o ensino da óptica se reduzir a pequenas incursões ao nível do 3º e do 8ºano de escolaridade.

Porquê tão pouca visibilidade para uma temática que poderia ser importante para o desenvolvimento do interesse e do gosto pelo conhecimento científico?

Acrescente-se ainda que o interesse pela Luz e a produção de conhecimento nesta área atravessam todas as épocas desde a Antiguidade clássica, cruzando diferentes culturas.

Algumas versões da História da Ciência têm celebrado a emergência do método experimental no contexto do Renascimento, ora a história da luz permite-nos acompanhar desenvolvimentos muito interessantes na Idade Média que apontam para a necessidade de experimentação e que podem ser instrumentos preciosos para a abordagem pedagógica de algumas questões sobre a natureza do conhecimento científico, mesmo para níveis etários baixos, preconizada no âmbito da investigação em educação científica (Wellington e outros).

Centrámos, portanto, o nosso interesse de investigação no desenvolvimento de uma ideia de ciência em que a imaginação e a elaboração de problemas (e a sua resolução) tenham lugar de relevo. Tendo o nosso questionamento partido deste interesse inicial, decidindo que a luz seria uma temática interessante a explorar nesta perspectiva e considerando que a História e a Filosofia das Ciências seria uma fonte importante para o desenvolvimento da nossa investigação tentámos elaborar métodos de trabalho que fossem pertinentes para a problemática resultante do questionamento inicial.

A problemática da nossa investigação

Como transformar a Ciência num foco de motivação intrínseca, de interesse e de gosto para professores e alunos?

Esta interrogação acompanha-nos desde há bastante tempo, estando especialmente presente durante o desenvolvimento da nossa investigação.

Procurámos aliar conhecimento produzido no âmbito da investigação em formação e no âmbito da investigação em educação científica. Com isso, pretendíamos concretizar, um pouco, o que poderíamos designar por “metainvestigação”, ou seja uma investigação em que os métodos utilizados deixem um rasto cognitivo forte sendo incorporados na própria maneira de ser professor.

Recorremos, assim, ao longo do trabalho a elementos das Ciências da Educação, da História e Filosofia das Ciências e da área da formação.

O móbil da nossa problemática foi a constatação das dificuldades inerentes à criação do interesse e do gosto pelas ciências. Estas dificuldades poderão situar-se a vários níveis, com incidência nas imagens de ciência e de cientista dos alunos (e professores), ao fim e ao cabo na natureza da ciência.

Como se constrói a ciência?

Como introduzir aspectos que ajudem a trabalhar a dimensão da natureza da ciência?

Como chegar ao envolvimento do professor na construção da ideia de ciência?

Como poderemos, através de um conteúdo, chegar a envolver os alunos, contribuindo para a criação do interesse e do gosto pela ciência?

Já foi referida a importância da utilização das narrativas no ensino-aprendizagem das ciências (p. 70). Construir uma narrativa histórica que concretize a origem problemática do conhecimento científico e que permita evidenciar o lugar da imaginação e da controvérsia no desenvolvimento da ciência foi, não só um objectivo, mas um caminho na nossa investigação. Como nos centrámos na temática da luz escolhemos um aspecto que tratámos com alguma profundidade e que, como já dissemos, está associado às origens do método experimental: a origem das cores.

Corpus da investigação

O corpus desta investigação é, portanto, constituído por “materiais” distintos:

Cartas escritas por Newton à Royal Society coligidas e apresentadas por Cohen e Westfall.

Textos da História da Luz: elaborados por Park, Schaffer, Authier, Maitte, etc.

Seis manuais escolares do 8ºano

Sobre o Método

O nosso interesse nesta investigação alicerça-se, como já foi referido, por um lado, nas vivências de docente do ensino básico e secundário, na orientação de estágios e na procura de caminhos que possam ajudar a transformar o professor.

O interesse pelo tipo de questionamento desenvolvido vem de longe mas começou a tomar uma forma mais concreta quando assistimos a um seminário, no âmbito do curso de mestrado, dinamizado pela Professora Mariana Valente, que já nos havia sensibilizado para determinadas abordagens com o tema da energia.

Iniciámos o nosso percurso com as questões já elaboradas anteriormente, definindo uma temática relevante para a sua incidência.

Os métodos de trabalho foram variados dada a diversidade da natureza dos elementos que constituem o corpus da investigação.

Uma parte do nosso trabalho tem como base leitura de textos. Esta leitura foi sempre realizada com base nos instrumentos elaborados a partir do nosso questionamento particular. Trata-se, portanto, de um método de leitura a que poderíamos chamar leitura de autor, “ (...) *qui emploie les idées exposées dans le texte pour produire ses propres oeuvres (...)* ” (J. Schlanger, citado por M. Valente, 1999:103).

Outra parte do nosso trabalho centrou-se na análise de manuais escolares. Fizemos uma análise qualitativa onde a definição das categorias foi realizada de acordo com o nosso questionamento, evoluindo à medida que se aprofundaram as leituras, e que se foi desenvolvendo a nossa sensibilidade inerente à formação do investigador.

Estas duas dimensões desenvolveram-se de forma entrelaçada, já que as nossas categorias se desenvolviam à medida que o nosso conhecimento através da leitura de autor dos textos se elaborava. Por outro lado, esta elaboração crescia com os contrastes que fazíamos ressaltar na análise dos manuais escolares. Estes contrastes, foram a fonte essencial para os aspectos a destacar na produção da narrativa.

Começámos a utilizar uma narrativa verbal inicial com uma “life-experience” no 1º ciclo (3º ano), que serviria de estudo exploratório. Este estudo desenvolveu-se, inicialmente, numa turma do 3º ano de escolaridade. A escolha recaiu nesta turma (A do 3º ano da Escola Básica Integrada de Pias, no ano lectivo 2001/2002) em especial pelo facto de se contactar estreitamente com a professora e a mesma mostrar disponibilidade e interesse, revestindo-se da forma de uma “life-experience”, com o intuito de nos apercebermos das reacções das crianças à utilização da narrativa histórica.

Elaborámos um pequeno questionário, que se destinava a uma percepção, ainda que muito limitada, do ponto de partida dos alunos da turma alvo da experiência no 8º ano, a turma A da Escola Básica Integrada de Pias. Conscientes de que não iríamos proceder a um levantamento exaustivo das ideias prévias dos alunos, nem fazer generalizações, utilizámos como público-alvo a totalidade dos alunos da turma (dezoito). As questões que incluímos, interessando-nos pelo levantamento de algumas ideias acerca da natureza da ciência, foram desenvolvidas com base em bibliografia no âmbito das concepções dos alunos e com base nalgumas posturas dos alunos, manifestadas em sala de aula. A análise destes questionários é apresentada em anexo, já que foi um aspecto pouco aprofundado da nossa investigação.

Enveredámos, depois, pela utilização da narrativa, aproveitando conhecimentos de História das Ciências e escritos produzidos neste âmbito tentando encontrar situações históricas interessantes e “experimental”, uma situação relevante criada a partir da História das Ciências tentando fazer um forte apelo à imaginação e tendo como pressuposto que a História das Ciências nos ajudaria a introduzir a discussão acerca da natureza da ciência. A nossa opção recaiu sobre a origem das cores, como já referimos. O estudo no 8º ano de escolaridade decorreu numa turma da própria investigadora (turma A do 8º ano no ano lectivo de 2001/2002), de modo a haver mais envolvimento e familiaridade com os

alunos. Esta utilização verbal da narrativa ajudou-nos a seleccionar o que funciona melhor para elaborarmos a nossa narrativa.

A opção pela História das Ciências e pela abordagem da luz e, mais concretamente, da origem das cores prende-se com a convicção de que a mesma poderá ter um contributo importante no ensino e no desenvolvimento do gosto pelo conhecimento científico. A investigação realizada em torno do ensino da luz parece centrar-se quase exclusivamente na identificação das concepções alternativas. No âmbito da investigação em educação científica começa a aparecer o interesse pela natureza da ciência, como é o caso do livro “Science teaching: the role of history and philosophy of science” (Mathews, 1994). Neste livro é defendido que uma educação científica que se inscreva no desenvolvimento da cultura precisa de estratégias que explicitem questões que se prendam com a natureza do conhecimento científico.

Se seguirmos alguns desenvolvimentos sobre a explicação do arco-íris na Idade Média encontramos elementos para começarmos a introduzir questões relevantes sobre a necessidade da experimentação, que poderão ser trabalhados com níveis etários bastante baixos. Estas ideias completadas, depois, com o estudo da experiência crucial de Newton serão importantes para o debate em torno do poder e dos limites do método experimental. Assim, propomos explorar a decomposição da luz culminando com a questão da natureza da luz e a resposta dada por Newton.

Inspirados no percurso de Theodoric de Freiberg seguiremos alguns dos seus “passos” com os alunos (observação do arco-íris no “quotidiano”, “construção” de uma gota de água para o estudo das cores e da geometria, utilização do prisma), exibindo a “imaginação”. Que tipo de conhecimento se está a construir?

A experiência crucial de Newton e o entusiasmo dos pintores...

A “singularidade da experiência de Newton; a imaginação de Newton ...

A pintura do arco-íris antes e depois de Theodoric de Freiberg; o arco-íris depois de Newton...

Estes poderão, eventualmente, ser pontos de partida para a criação de interesse pelo conhecimento científico e pela necessidade de procurar mais.

Com base nas explorações feitas e na leitura de diversos escritos baseados na História das Ciências, iremos construindo a nossa narrativa, que deverá reunir todas as contribuições, razão pela qual aparecerá na parte final, no sentido de incorporar os ganhos conseguidos. A narrativa que se apresenta é um texto simples e acessível mas, ainda assim, não aquele que será utilizado directamente pelos alunos. Este poderá gerar múltiplas narrativas que estão “descodificadas” e ser ponto de partida para muitas outras.

Capítulo III : Corpus da investigação e categorias de análise

Os manuais escolares

Os dados da investigação têm vindo a confirmar que, em grande parte dos casos, o manual escolar é o suporte mais utilizado em sala de aula e a base de qualquer actividade científica desenvolvida (Carmen e Gimenez, 1997, Ramalho, 2002). No Livro Branco da Física e da Química, resultante da investigação levada a cabo conjuntamente pelas Sociedades Portuguesas de Física e de Química, com vista ao diagnóstico da situação do ensino da Física e Química ressaltando como conclusão que “*os materiais utilizados na sala de aula são pouco diversificados sobressaindo o manual escolar*” (op.cit., 2002:184)

Norris Harms e Robert Yager citados por Santos (2001) vão mais longe ao declararem que “*a investigação tem mostrado que cerca de 90% de todos os professores de ciências usam um manual escolar 95% do tempo*”. A este propósito Artiles (2002:1) afirma:

...sabemos, además, que la mayoría del alumnado recibe la principal información a través de ellos acerca del mundo social, físico, matemático, lingüístico, etc., pues les selecciona qué conocimientos y qué destrezas deben ser transmitidos por la escuela y qué aprendizajes deben ser incorporados al conocimiento del alumnado.

Assim, será com grande influência dos manuais escolares que os nossos alunos constroem o seu conhecimento, assimilam valores e moldam atitudes (Santos, 2001). De acordo com Gimeno, citado por Ramalho (2002) alguns manuais de Ciências podem ser bastante úteis pelos enquadramentos epistemológicos, enquadramentos sobre concepções alternativas, mudança conceptual. Acrescente-se, por outro lado, que parece haver a crença de que tudo o que se propõe no manual é correcto e adequado sob os diferentes pontos de vista. Os alunos parecem esperar

que “o livro” lhes forneça toda a informação que necessitam e os pais parecem aceitá-lo como uma autoridade inquestionável (Santos, 2001; Richardeau, 1986). Distintas investigações corroboram a importância dos manuais escolares para todos os intervenientes no processo educativo, existindo formas diversas da sua utilização que estão em relação com o contexto escolar, as concepções, as crenças e preferências do professorado, dos alunos e dos níveis e materiais (Artiles, 2002; Ramalho, 2002). Constatou-se, no mesmo âmbito, que existe uma margem de autonomia na hora de decidir a utilização a dar a estes auxiliares. Para os docentes o uso do manual escolar pode revestir-se de grande importância já que o mesmo, de modo geral, oferece vasto material, reduzindo o tempo gasto com a elaboração de textos e de exercícios.

A utilização dos manuais escolares poderá, ainda, constituir uma oportunidade de o professor ser reflexivo, crítico, inovador e investigador do manual e da sua própria prática. Na senda do pensamento de Santos (2001) é nossa convicção que o manual só será verdadeiramente útil se for utilizado com autonomia, discernimento e espírito crítico.

Dado que o professor não pode saber tudo, os manuais escolares podem ser fornecedores de importantes complementos com orientações, referências bibliográficas quer de índole científica quer de índole didáctica, endereços, sugestões de trabalhos experimentais com as indicações e regras de segurança necessárias. Muitos manuais ajudam na avaliação dos conhecimentos incluindo instrumentos específicos sendo que, por vezes incluem a prática de uma avaliação formativa que apoia na análise de erros, propondo pistas de remediação ou, simplesmente, apresentando a solução.

Em suma, se os manuais condicionam de forma tão marcante o que se ensina e a forma como se ensina, tendo reflexos tão marcantes na educação sobre ciência e na educação pela ciência é da maior importância analisá-los.

A história das ciências no manual escolar

De acordo com algumas linhas de investigação e autores que já referimos, para se atingir um bom nível de sucesso no ensino/aprendizagem das ciências é necessária uma boa utilização da História das Ciências.

Segundo afirma Leite (2002) há provas/testemunhas de que os professores confiam bastante nos manuais escolares para seleccionar o conteúdo histórico que incluem nas suas aulas. Se os programas de ciências, e de física particularmente, em vigor, são pouco explícitos quanto à inclusão da História das Ciências, conseqüentemente, os autores dos manuais escolares não lhe darão grande relevo. Como referimos anteriormente, é convicção de alguns autores (Carvalho, 2000, Santos, 2001, Ramalho, 2002) de que as referências a aspectos históricos são escassas e descontextualizadas, raramente relevando o papel da ciência na modificação das ideias e na própria história da humanidade ou, em sentido inverso, a influência das ideias e da própria sociedade e do trabalho colectivo no desenvolvimento científico. Nesta ordem de ideias, pouca história das ciências será abordada nas aulas.

Com este sentir Leite (2002) desenvolveu uma grelha de análise do conteúdo histórico de manuais escolares, tendo com ela analisado cinco manuais escolares diferentes de Física, após o que afirma:

The results of the analysis show that the checklist is able to reveal differences among textbooks and that the historical content included in the textbooks is hardly able to give students an adequate image of science and scientists' work.

(op.cit: 333)



Pela nossa parte tentámos criar um esquema de categorias a partir do qual fizemos as leituras dos manuais disponíveis.

Ponto de partida

As primeiras leituras, ainda que pouco aprofundadas, recaíram sobre a maioria dos livros de texto de Física para o 8ºano, disponíveis. Os livros em questão são os seguintes:

- Martins, M. A. C. (1999). *nova física 8*. Porto: Areal Editores.
- Cavaleiro, M. N., Beleza, M.D. (1999). *No Mundo da Física*. Porto: Edições ASA
- Fernandes, M. B., Graça, O. C., Santos, R. M. (1999). *Ciências Físico-Químicas – Física 8º*. Lisboa: Lisboa Editora.
- Ferreira, A., Matos, I., Matos, J. (1996). *Física passo a passo 8ºano*. Lisboa: Editorial O Livro.
- Fiolhais, C., Fiolhais, M., Gil V., Paiva, J., Ventura, G. (1999). *Física 8*. Lisboa: Gradiva
- Figueiredo, T.T. e Mateus, V. (1999). *Eureka! Física C.F.Q. 8ºano*. Lisboa: Texto Editora.
- Morais, A. M., Ribeiro, L., Silva, I. (1999). *Química e Física 8º*. Porto: Porto Editora.
- Pereira, A., Souto, A., Gonçalves, C. (1999). *CFQ Física 8ºano*. Lisboa: Texto Editora.
- Morgado, J., Morgado, G.L., Canelas, E. (1999). *Encontro com a Física – Ciências Físico-Químicas 8ºano*. Lisboa: Plátano Editora.
- Caldeira, C., Valadares, J., Silva, L., Teodoro, V. (1999). *Ciências Físico-Químicas Física 8ºano*. Lisboa: Didáctica Editora.

- Martins, A. (1996). *Física em Temas 8ºano Livro de Texto*. Porto: Porto Editora.
- Maciel, N., Miranda, A. (1999). *Eu e a Física Físico-Químicas 8*. Porto: Porto Editora.
- Ramalho, M. D., Mendonça, L. S. (1999). *No Mundo em Transformação C. F. Q. 8ºano*. Lisboa: Texto Editora
- Faria, A. M., Domingues, L., Ribeiro, L., Ribeiro, M.I. (1996). *cfq Física 8ºano*. Amadora: Raiz Editora.

Pretendemos fazer uma leitura dos manuais de Ciências Físico Químicas do 8ºano disponíveis, concretamente no seu capítulo “Luz e Visão”, com base em categorias que definimos previamente, não formulando um juízo do valor didático do manual. Assim, não nos propomos determinar o que é um “bom” ou “mau” manual, mas olhá-los tendo em conta as nossas concepções.

Foram feitas várias leituras em manuais disponíveis, particularmente em catorze existentes para o oitavo ano de escolaridade, que foram repetidas total ou parcialmente em vários momentos. Admitimos que, dada a natureza intuitiva e a abertura às diferentes ideias, tais leituras são propícias ao surgimento de “impressões” acerca dos textos em análise.

O esquema de categorias a que recorremos não pretende ser abrangente nem exaustivo já que, como afirmámos anteriormente, não nos propomos avaliar a validade do manual escolar mas, apenas “olhá-lo”, acreditando que o mesmo não se esgota numa transmissão de conceitos e exploração de fenómenos científicos. Neste pressuposto acreditamos no valor da ciência como cultura e no valor do manual escolar como veículo de “transmissão” de cultura, de valores culturais, que proporcione ligações a outras áreas do saber, criando condições para uma verdadeira literacia científica e para a formação integral do cidadão.

Advogando a inclusão de uma abordagem de cariz humanista não significa que os conceitos não estejam presentes com a mesma importância no perseguimento das competências que se julgam fundamentais para o cidadão do século XXI.

Assim, a ciência terá que ser vista como uma construção humana, que resulta de práticas específicas orientadas para a produção de conhecimento e que compreende processos de pensamento em que as componentes racional e imaginária assumem grande relevo.

Parece-nos importante procurar entender que modos de produção de conhecimento científico estão explícitos ou implícitos nos manuais escolares e que métodos valorizam. Pretendemos “ver” se nos aparece um processo tradicional, centrado no problema da observação como primeiro passo para um conhecimento científico seguro, em que, na maior parte dos casos o “objecto da ciência” se encontra na natureza. Neste contexto serão valorizadas competências de observação em detrimento de competências de reflexão, sendo as ideias precedidas pelos factos.

Será, pois, importante distinguir até que ponto é veiculada a ideia de realismo ou de empirismo, tentando distingui-los, na senda do pensamento de Mathews para quem:

The fundamental distinction is that empiricists wish to confine the claims of science to what we can experience, saying that any claims that go beyond experience have to be treated only as aids, tools, models or heuristic devices for coordinating sensory or observable phenomena.

Nesta perspectiva poderá aparecer o “método científico” como modelo garantia do sucesso da ciência, contra a qual se insurgiu Feyerabend, imutável, sequencial, universal e rigoroso, como uma tentativa de mecanizar a elaboração do conhecimento, isto é, a proposta de desenvolver regras de método formuladas explicitamente, de forma a disciplinar a produção do conhecimento mediante a domesticação ou eliminação dos efeitos das paixões e interesses humanos (Shapin, 1999).

Pretendemos “ver” se explicita ou implicitamente se advoga sempre como ponto de partida a observação, o “dado” a partir do qual há um esforço por obter novas ideias, segundo as regras e a sequência de um método próprio (o “método científico”) num contexto em que as “experiências para ver” serão fundamentais tal como qualquer experiência.

Se o manual, de algum modo, nos parece poder condicionar o aluno a identificar ciência com experimentação (constatação ou verificação de factos) e experimentação na sala de aula com investigação científica, ocasional ou se, pelo contrário, se preconiza uma abertura a modos diferenciados de operar na produção e transmissão de conhecimento, em que se rebate e ideia de caminho único, se sublinha as diferenças significativas entre o que se faz na sala de aula através de rotinas experimentais e o trabalho experimental de cariz científico, é outro dos nossos objectivos.

Entendemos, neste sentido, por “empirismo ingénuo” a perspectiva em que a dimensão humana do cientista é posta quase de lado, recorrendo sistematicamente à experimentação com o propósito de adquirir novos conhecimentos, deixando entender que a teoria científica deve estar, de qualquer forma, sob o controlo de algo como a experiência, a realidade, os factos.

Indagaremos a apresentação da actividade laboratorial como processo de trabalho de cientistas, altamente valorizado, surgindo como episódios desfasados de contextos sociais, culturais e científicos que poderão incutir nos alunos a identificação de ciência com experimentação, por considerarmos, de acordo com Franklin (1999) que a interacção entre teoria e prática é muito complexa.

Na perspectiva dessa identificação, quase se “promete” aos alunos que, se seguirem passo a passo as indicações dos protocolos experimentais obtêm resultados semelhantes aos dos cientistas, não se discutindo processos, e reforçando a ideia de que os cientistas são objectivos.

A objectividade científica ocupa um lugar tão central e tão preponderante no nosso catecismo moderno das virtudes epistemológicas que ameaça tragar todos os outros objectivos que podem guiar a investigação científica.

Daston, L. (1999: 81)

Não podemos, no entanto, cingir-nos a determinada visão de objectividade que constituirá, na senda do pensamento de Kant, um par inseparável com a subjectividade, não se conseguindo definir uma sem a outra.

Pretendemos “ver” se, por outro lado, nos aparece um processo em que a imaginação tem um papel fundamental, em que a construção do conhecimento científico se caracteriza pela colaboração entre diferentes áreas, com investigadores que trabalham em equipa, interligando problemas de diferentes índoles, ou se nos aparece conhecimento de forma fragmentada.

Uma outra área que julgamos importante incluir na nossa análise dos manuais escolares é a valorização da dimensão humana do conhecimento. Pretendemos saber se o que transparece da obra de um cientista ou de um grupo de cientistas surge como resposta a um problema ou a problemas que conduziram à construção de conceitos, às dificuldades enfrentadas, surgindo as soluções ligadas às questões que lhes deram origem e às situações que lhes deram pertinência, tendo em atenção que, *“antes de tudo o mais a ciência é obra de indivíduos colaborando com outros indivíduos”* (Gil, F. 1999:11).

No decorrer da nossa leitura do capítulo Luz e Visão dos manuais escolares disponíveis para o oitavo ano pretendemos, na mesma linha de orientação, verificar que referências a cientistas existem, a própria imagem do cientista e como aparece enquadrada.

O recurso a referências de carácter biográfico, se essas referências biográficas aparecem enquadradas no desenvolvimento histórico da época e nos movimentos de investigação científica e

técnica ou se, pelo contrário as referências tendem a surgir isoladas, descontextualizadas, decorrendo apenas de “descobertas positivas”.

Esses contextos de “descobertas positivas” e “negativas”, de avanços e retrocessos que possam induzir uma mudança de espírito, uma abertura crítica através dos confrontos de ideias, do papel da argumentação e mesmo do consenso nos debates. Debates que não esquecendo o indivíduo tragam aos alunos como é que tal teoria ou tal modelo surgiu, que problemas e dificuldades enfrentou e como se impôs e que são vulgarmente “esquecidas” pelos livros escolares, tal como chegam a ser, em alguns casos, descuradas pela própria História das Ciências (Dascal, 1999).

Como acreditamos que é importante que tudo isto decorra de uma “história” dos homens que construíram e constroem o edifício da ciência, em contextos com significado humano, indagaremos a inclusão das narrativas e se essas narrativas ou mesmo quaisquer referências biográficas surgem com uma linguagem adequada ao nível etário dos alunos, com significado e interessante.

Paralelamente a tudo isto, tendo como pano de fundo a Sociedade surgem entrelaçadas a Ciência e a Tecnologia. Assim, apontaremos a nossa atenção para as dimensões CTS presentes nos manuais quer implícita quer explicitamente. Pretendemos entender se o ensino CTS é apresentado nos manuais como um complemento à informação e à abordagem fenomenológica, enriquecendo-as pela introdução de anexos de carácter essencialmente técnico se, pelo contrário, são enriquecidas pela introdução de diferentes problemas sociais, ambientais ou mesmo éticos, entre outros, sustentados pela ciência e pela tecnologia, acessíveis aos alunos.

Por considerarmos que a aprendizagem informal assume, nos dias de hoje, um papel fundamental e que se deverá recorrer a “out-of-school sources to enrich science educating” (Wellington, 2000: 249), procuraremos as sugestões dos manuais escolares.

Onde se justificam as opções

Para a realização do estudo comparativo sobre o modo como o tema “A luz e a visão” é abordado pelos manuais escolares de Física do 8ºano, e após as primeiras leituras, seleccionaram-se seis manuais de cinco editoras, apesar de todos nos merecerem bastante respeito, dadas as preocupações de carácter científico e pedagógico que revelam. O estudo foi levado a cabo nas vertentes relacionadas com os aspectos de organização e métodos empregues, a qualidade da informação, bem como o modo de comunicação empregue. Nesta triagem deixamos de lado os manuais que praticamente não referem qualquer aspecto da História das Ciências.

Deixamos de lado também o manual editado em 1996 pela Raiz Editora por haver um outro, disponível no mercado, mais recente, tendo algumas das autoras em comum e revelando, em determinados pontos, a mesma orientação.

Cumpre-nos afirmar que a possível inclusão de algumas referências “menos favoráveis” em nada pode retirar valor e apreço pelo esforço desenvolvido individual e colectivamente pelos autores e pelo respectivo trabalho. Reafirmamos que *“Trabalhar sobre trabalho já realizado permite-nos ir sempre um pouco mais além, mesmo que o trabalho de base já seja muito bom”* (Valente 1992: 228).

Os manuais que se analisaram mais aprofundadamente, e que a seguir designaremos pelas letras atribuídas, foram: ·

Manual A

- Fiolhais, C., Fiolhais, M., Gil V., Paiva, J., Ventura, G. (1999). Lisboa: Gradiva

Manual B

- Figueiredo, T.T. e Mateus, V. (1999). *Eureka! Física C.F.Q. 8ºano*. Lisboa: Texto Editora.

Manual C

- Morais, A. M., Ribeiro, L., Silva, I. (1999). *Química e Física 8º*. Porto: Porto Editora.

Manual D

- Morgado, J., Morgado, G.L., Canelas, E. (1999). *Encontro com a Física – Ciências Físico-Químicas 8ºano*. Lisboa: Plátano Editora.

Manual E

- Caldeira, C., Valadares, J., Silva, L., Teodoro, V. (1999). *Ciências Físico-Químicas Física 8ºano*. Lisboa: Didáctica Editora.

Manual F

- Ramalho, M. D., Mendonça, L. S. (1999). *No Mundo em Transformação C. F. Q. 8ºano*. Lisboa: Texto Editora

A recolha de dados fez-se, como já referido, através da análise qualitativa do conteúdo apresentado pelos diferentes manuais no capítulo seleccionado. Para cada uma das vertentes consideradas na análise comparativa, e a fim de tornar esta menos subjectiva, fez-se um levantamento dos diferentes aspectos que se consideram mais relevantes e pertinentes e que funcionarão como indicadores ou categorias de análise.

As categorias de análise

Paralelamente à apresentação dos dados tentaremos, quando possível, interpretá-los.

1 – Ideia implícita de Ciência

(Ideias sobre a natureza da Ciência – dimensão humana do conhecimento)

1.1–A observação neutra

Acentua a “descoberta” de realidades, de “dados”, não sublinhando a ideia de que os factos científicos são construídos.

Faz sobressair a ideia de que a Ciência tem como propósito básico proporcionar unicamente explicações para fenómenos do mundo natural

1.2– Perpassa a ideia da existência de um “método científico”.

Transparece a ideia de existência do “método científico”, como modelo garantia do sucesso da ciência, imutável, sequencial, universal e rigoroso, cuja aplicação permite descobrir as “verdades” escondidas.

1.3- Recorre a contextos culturais e outros

Apresenta uma visão de ciência descontextualizada e socialmente neutra

Apresenta o conhecimento científico sem envolver conhecimentos sociais, éticos, económicos, políticos, etc.

Utiliza “materiais” que fazem parte da nossa cultura como ligações com a poesia e diferentes textos literários, ligações a valores estéticos e outras.

Estabelece relações conceptuais entre diferentes áreas

Integra conteúdos científicos do tema em estudo com conteúdos de outras áreas científicas

Apresenta relações entre CT

Integra aspectos da ligação entre a Ciência a Tecnologia e a Sociedade

Relaciona os tópicos de ciências com a qualidade de vida, com o progresso técnico e social, introduzindo questões de índole social, ambiental, ética em estreita ligação com a ciência.

1.4- Apresenta o conhecimento de forma dogmática

1.5- Refere-se à produção de conhecimento

1.6 -Valoriza a resolução de problemas

Evidencia problemas que conduziram à construção das ideias, dificuldades, disputas, interesses, erros, etc.

1.7 - Sublinha o papel da criatividade e da imaginação na construção científica

2 – Utilização da História das Ciências – referência a cientistas (história descritiva)

2.1 - Refere cientistas

2.2 - Apresenta imagens de cientistas

2.3 - Apresenta dados pessoais

Recorre a referências de natureza cronológico-biográfica e outras sobre personalidades da História da Ciência.

2.4-Transparece um estilo “admirativo” por determinadas personalidades “canónicas”.

Acentua o “modelo do cientista” através dos feitos de personalidades geniais da História das Ciências que descobrem o conhecimento “escondido”, através de empreendimentos isolados.

2.5 - Valoriza a dimensão humana do cientista

3 – O valor pedagógico da História das Ciências

(História como ferramenta para a compreensão dos problemas e a pertinência das questões.)

3.1 - Refere controvérsias e rupturas históricas

Exemplifica controvérsias e rupturas históricas, dilemas, conflitos, não limitando a evolução histórica a uma acumulação de factos e de ideias.

3.2 - Refere episódios históricos de potencial cultural

Exemplifica através de episódios históricos de valor cultural com interesse para as questões da ciência actual, influências entre ciência e tecnologia

3.3 - Contextualiza os aspectos históricos referidos (social e tecnicamente)

Clarifica assuntos históricos em contexto.

Relaciona mudanças de ideias científicas com alterações nos contextos sociais, culturais, morais, técnicos,...

3.4 - Recorre a “histórias” da História das Ciências

4 – Outros aspectos

4.1 - Apresenta sugestões bibliográficas (e/ou de sites)

4.2 – Apresenta textos de natureza mediática

Inclui excertos de jornais e revistas, excertos de livros de divulgação,...

4.3 - Dá indicações de como aceder a diferentes fontes de informação exteriores à escola

Terceira parte – Análise e interpretação dos dados

Capítulo I: A nossa análise dos manuais escolares

Ciência, uma fada
Num conto de louco...
- A luz é lavada –
Como o que nós vemos
É nítido e pouco!

Fernando Pessoa

1 - Ideia implícita de Ciência

1.1–A observação neutra

Qualquer um dos seis manuais analisados faz ressaltar uma Ciência que desenvolve explicações científicas para fenómenos do mundo natural, colocando a tónica na “descoberta”.

No entanto, o manual A sublinha, em certas passagens, a ideia de que o conhecimento científico é construído ao longo dos tempos.

As ideias mudaram ao longo dos tempos (p.167)

Faz sobressair a ideia de que a Ciência se constrói num entrosamento entre o pensamento e o mundo natural.

Para um cientista é tão importante saber questionar como saber responder! (p.177)

Da leitura do livro de texto B sobressai o acentuar da observação fenomenológica, fazendo crer que a explicação decorre facilmente de uma boa observação. Veja-se, na sua página 130, o início da abordagem da dispersão da luz:

Com certeza já tiveste oportunidade de observar um arco-íris, ou que a luz ao incidir sobre bolas de sabão, em vidro, num CD ou em manchas de óleo, provoca o aparecimento de um conjunto variado de cores.

Como se explicará este fenómeno?

O manual C não questiona o facto de a ciência pretender ou não “retratar” a realidade. No entanto, pontualmente, sai da perspectiva da observação para a perspectiva da construção, referindo-o explicitamente, como na sua página 218, onde afirma que “*muitos foram os cientistas que construíram modelos capazes de interpretar o conjunto das propriedades da luz*”.

No manual D as sugestões de actividades experimentais surgem com o título “Experimenta e Conclui”, como por exemplo, na sua página 177, a propósito da decomposição da luz branca, onde, após a indicação do título e do material necessário, avança:

- . *Coloca uma fonte de luz sobre uma folha de papel branco, em cima da mesa de trabalho.*
- . *Ajusta a fonte de luz até que emita apenas um “raio” de luz branca e fá-lo incidir no prisma óptico, tal como mostra a figura.*
- . *Que observas?*
- . *Que podes concluir?*

alheando qualquer hipótese de reflexão, como se todo o processo se reduzisse a uma observação neutra decorrente da qual surjam automaticamente as conclusões.

O texto prossegue:

Deverás ter concluído que a luz branca se decompõe num conjunto de radiações de diferentes cores – a este fenómeno óptico chama-se dispersão da luz branca.

E logo a seguir

Quem pela primeira vez chegou a esta conclusão da dispersão da luz branca, foi o físico inglês Isaac Newton (1642-1727), há cerca de 300 anos atrás. Newton fez incidir um feixe de luz branca num prisma óptico e observou que ela se decompunha em sete cores (vermelho, laranja, amarelo, verde, azul, anil e violeta), formando o espectro da luz visível ou espectro solar.

Este é apenas um exemplo dos muitos que se encontram nos manuais, em que são acentuadas as “evidências”, que não foram, de forma nenhuma, evidências, fazendo crer que o conhecimento aparece linearmente, sem grande mistério, a partir das boas observações. Ora não podemos esquecer-nos que os dados recolhidos são sempre os do investigador, que quaisquer que

sejam os dados recolhidos e os instrumentos foi ele que os escolheu, quem os empregou e quem imaginou todo o processo de trabalho e vai depois explorar os resultados, pelo que “a neutralidade do investigador é um logro” (Nóvoa, 1988). É aqui um dos aspectos em que o nosso trabalho pretende ser diferente, apontando caminhos possíveis para dar da ciência e do cientista uma imagem diferente.

Perde-se aqui a oportunidade de qualquer problematização, de qualquer hesitação, de qualquer dúvida, ainda mais quando se afirma “*deverás ter concluído que...*” e se assegura imediatamente “*Quem pela primeira vez chegou a esta conclusão...*”, sem margem para qualquer outro caminho. Este manual envereda um pouco por “rituais” de manipulação de materiais, por rotinas mais ou menos rígidas previamente estabelecidas para se obterem conclusões/respostas não se sabe bem a que questões.

Parece-nos haver algum cuidado nas abordagens feitas pelo manual E. Na página 144, a propósito da natureza da luz inicia:

Desde há milhares de anos que filósofos e físicos têm reflectido sobre a natureza da luz. Uma das primeiras ideias que surgiu foi (...)

continuando a narrativa com termos como “acreditava”, “aceite”, “explicava”, “propôs” ou “aditem”. Nestas referências históricas parece pretender “afirmar-se” que a base para avaliar construções teóricas, na origem das quais o conhecimento científico é planeado e levado a cabo, é comparar “pré-concepções” com observações de fenómenos, não se reduzindo a isso. Este manual recorre, também, a práticas menos estruturadas e rotineiras do que, por exemplo, o manual D, talvez procurando evitar os “rituais” da manipulação de materiais.

As autoras do livro de texto F não põem em causa o facto de a ciência pretender ou não “retratar” a realidade natural. Pontualmente, deslocam-se da observação para a construção. Ainda

que, na maioria das abordagens, se acentuem as descobertas de algo já inscrito na natureza. Vejam-se as referências:

“Roemer mediu a velocidade da luz...(F:201)”,

“Roemer constatou que a sua (das eclipses) duração variava (F:201)”,

“(…) com as descobertas do cientista inglês Sir Isaac Newton (F:230)”,

“Newton reparou que ... (F:230)”,

“Herschell verificou que... (F:234)”

ou “Com espanto, descobriu (Ritter) que...(F:234)”.

Este acentuar dos factos como “dados” e como pontos de partida indiscutíveis para a construção do conhecimento é um modo de encarar a ciência que sobrevaloriza as competências de observação relativamente a competências de reflexão. Nesta perspectiva, as ideias só surgem numa segunda etapa, são sempre precedidas pelos factos (Santos, 1999), cuja observação constitui uma fase imediata, que não requer qualquer preparação.

Mesmo nos manuais que, ainda que de forma vaga, reflectem a passagem da “observação”, para a “construção”, de algo independente do sujeito para algo que depende das ideias e características do sujeito, estas marcas não são explicitadas.

De um modo geral, em todos os livros, o carácter da “descoberta” domina sobre o da construção do conhecimento e da invenção, na mesma linha de referências encontradas na literatura por Fernandez et al (2002). Entre alguns investigadores em Didáctica das Ciências, como Garcia (referido por Fernandez et al, 2002), parece aceitar-se que a ciência clássica seria puramente analítica, neutra, etc., “*não se tratando apenas que o ensino haja transmitido essas concepções redutoras, empobrecedoras, senão que toda a ciência clássica teria estes defeitos*” (op.cit :483).

Os mesmos autores expressam a sua opinião contrapondo com a questão: como pode afirmar-se que a ciência clássica é puramente analítica, se o seu primeiro edifício teórico significou a integração de dois universos essencialmente distintos, derrubando a barreira entre o mundo celeste e o sublunar? Acrescentam que a integração, além do mais, implicava desafiar dogmas, tomar partido pela liberdade de pensamento, correr riscos de condenação, exemplificando “pensemos en la teoría de la evolución de las especies; en la síntesis orgánica (quando se sustentava a existencia de um *elan vital*); en el electromagnetismo,...”

Este “mito” da observação neutra, da objectividade sugere que as ideias são apresentadas como derivados linearmente dos dados colhidos, não discutindo percursos traçados em função do problema. Ora a observação já inclui a escolha de projectos que orientem diferentes percursos, sendo que as ideias hipotéticas resultado de mecanismos mentais que “mostram” determinados factos (Santos, 2001), e a própria forma como se observa é função de

... hipóteses, preconceitos, pressupostos, concepções alternativas, teorias e modelos que se têm na cabeça quando se observa e que enquadram os factos observados.

(Santos, 1999:63)

Os efeitos desta “pedagogia dos factos” é acentuada por Daston (1999:82) ao afirmar “*a objectividade nasce do medo que certas facetas do “eu” ameacem perigosamente o conhecimento*”, na mesma linha das afirmações de Gil (1999: 11):

A história das ciências torna patente que a objectividade não é dada mas conquistada, que ela nunca é total e constitui a resultante de um conjunto de factores que não são todos interiores ao trabalho científico.

Conduzindo à despersonalização do conhecimento natural que significa o alargamento da separação entre os sujeitos humanos e os objectos naturais do conhecimento humano, como revelado, em particular, pela distinção entre a experiência mundana do homem e a concepção do que é “realmente” a natureza (Shapin, 1999).

1.2– Perpassa a ideia da existência de um “método científico”

Uma ciência que se vangloria de possuir
o único método correcto e os únicos resultados aceitáveis
é uma ideologia...

Feyerabend

Procuramos ver se, do capítulo em análise, transparece a ideia de existência do “método científico” cuja aplicação permite estabelecer as “verdades” escondidas, considerando que o conhecimento se desenvolve de maneira uniforme.

O manual A parece pretender mostrar que a base para avaliar construções teóricas, na origem das quais o conhecimento científico é não só planeado como construído, é comparar as conjecturas com observações dos fenómenos.

Só a concordância da teoria com a experiência torna uma teoria válida. (pág. 167)

No entanto, não reduz a estrutura e o estatuto do conhecimento científico a um método único, tentando promover uma forma plural de conhecer e de observar. Veja-se a sugestão (pág. 179):

Assunto: Cor

Material: lanterna, filtros e alvo.

Numa sala escura, colocar um filtro verde à frente da lanterna e observar o alvo.

Prever o que se observará no alvo se se colocar um filtro vermelho em frente do filtro verde. Justificar.

Experimentar e comparar com a previsão feita.

Fazer um relatório.

Esta sugestão de trabalho experimental parece tentar desmistificar a ideia de que existe um só caminho, uma só forma de conhecer, concedendo maior liberdade de opção pelos caminhos a seguir.

No manual B, página 125, surge uma sugestão “: *concebe uma montagem que te permita responder as questões colocadas*”, preconizando diferentes abordagens.

No manual D as sugestões de actividades experimentais, como já referimos, surgem com o título “Experimenta e Conclui”, a propósito de diferentes conteúdos como, por exemplo, a propósito da propagação da luz, da adição de cores, das lentes convexas, das lentes côncavas, das respectivas imagens, das leis da refacção e da reflexão. Embora alguns destes fenómenos o justifiquem, todas as propostas de trabalho são estruturadas, transmitindo a ideia de que a conclusão tem que decorrer linearmente da observação, sem lugar para erros, sem formulação de hipóteses, sem reflexões e investigação. Fernandez et al (2002,) em cerca de quarenta artigos científicos analisados, encontraram igualmente a estruturação e a “mecanização” das etapas a seguir, afirmando que

se resalta, por otra parte, lo que supone tratamiento cuantitativo, control riguroso, etc., olvidando- o incluso, rechazando – todo lo que significa invención, creatividad, duda...

(op cit.: 480)

Tanto em E como em F encontramos um espaço considerável ocupado com solicitação de práticas experimentais que pressupõem algum, ainda que reduzido, grau de liberdade, aparecendo algum estímulo a uma resolução reflexiva. Expressões como “*deverás ter concluído que*” (D: 169) ou “*verifica-se que*” parecem ser evitadas, não pretendendo conduzir à identificação de um conjunto de acções e comportamentos na experimentação que se repetem sistematicamente.

Em geral, as actividades propostas são estruturadas e rotineiras, não integrando a formulação de hipóteses ou o próprio planeamento da actividade. Podemos afirmar, tal como Santos (2001), que as solicitações de trabalho experimental pressupõem um reduzido grau de liberdade, os estímulos a uma reflexão na resolução dos problemas são escassos e que por vezes a

apresentação antecipada das conclusões quase dispensa a realização das experiências. No entanto, nenhum dos manuais assume, em termos declarativos, a dependência metodológica de um único caminho ao que Shapin (1999:25) replica:

Estamos agora muito mais cépticos quanto a postular algo parecido com um “método científico” – um conjunto coerente, universal e eficaz de procedimentos destinados a elaborar o conhecimento científico; (...)

1.3- Recorre a contextos culturais

O conhecimento matou o Sol,
tornando-o uma bola de gás com manchas (...)
O mundo da razão e da ciência (...)
este é o mundo seco e estéril que a mente abstracta habita.

Lawrence

De um modo geral os seis manuais apresentam o conhecimento científico sem envolver conhecimentos sociais, éticos, económicos, políticos, como se a ciência pudesse ser perfeitamente desenrolada em privado sem qualquer interacção social. Poderemos fazer nossas as palavras de Santos (2001:237), na sua análise de manuais escolares:

Nenhum dos manuais faz referência ou ilustra, explicitamente, o papel da sociedade na ciência nem o papel desta na sociedade. Omitem, sistematicamente, projectos humanos, sociais e políticos que antecedem alguns processos concretos de construção da ciência.

Na senda do pensamento de Schaffer (1999) esta imagem poderá ser reflexo da imagem de retiro dos laboratórios dos séculos XVI – XVII, instituições que desempenham, ainda hoje, uma poderosa imagem das ciências.

A pretensão de que a ciência se desenrola em privado é ela própria uma pretensão pública. Para explicar porque é que os seus laboratórios eram lugares especialmente privilegiados para compreender a natureza, os primeiros filósofos da natureza modernos tiveram de utilizar recursos já existentes na sua cultura, como as imagens de santidade ou erudição.

Com vista à criação de um conhecimento fiável da natureza, os trabalhadores dos laboratórios tinham de importar e exportar grandes quantidades de pessoas, de artefactos e de informação. Uma instituição verdadeiramente isolada não poderia nunca produzir um conhecimento deste tipo.

(Schaffer, S. 1999: 417).

Na mesma linha de ideias Shapin (1999:30) afirma que a

ciência é uma actividade social, historicamente situada e cujo entendimento implica relacioná-la com os contextos onde decorre

de modo a contrariar o que os românticos temiam.

Com a subcategoria “recorre a contextos culturais” pretendíamos, também, como já foi referido, “ver” até que ponto cada manual utiliza “materiais” que fazem parte da nossa cultura como ligações com a poesia e diferentes textos literários, ligações à arte e outras, no sentido de contrariar hostilidades como a de D. H. Lawrence em relação ao que considerava ser o espírito antipoético da ciência e dos cientistas (Dawkins, 2000).

A unidade em análise é introduzida no livro de texto B com uma sugestiva paisagem de uma floresta onde penetram raios solares, ao lado da qual aparece um poema de Fernando Pessoa e um extracto de uma bonita prosa de Nadine Gordimer. O mesmo livro prossegue o capítulo perdendo a oportunidade de se referir a qualquer contexto cultural.

As autoras do manual C optaram por iniciar a temática com referências à simbologia da luz, no aspecto mítico e no aspecto religioso, não recorrendo a mais qualquer ligação cultural ao longo do capítulo.

Encontramos duas referências, ao “bonito” arco-íris e à pintura, com uma imagem de pintura rupestre, no manual D, enveredando depois pela “história dos corantes” e fugindo a qualquer influência da luz e da cor na pintura, e nas outras formas de arte ao longo dos séculos. Ao

introduzir descrições acerca da formação das cores para utilização em pintura, perde a oportunidade de fazer ligações à própria pintura e ao esforço dos pintores para reproduzirem as cores e as luzes que os maravilharam desde sempre e que lhes estimularam a criatividade. Perde-se também a oportunidade de estabelecer fortes ligações a aspectos de uma cultura pouco acessível aos nossos alunos e que, simultâneamente, poderia constituir um estímulo para o aprender sobre ciência.

Nos restantes manuais não está presente esta preocupação. Mesmo naqueles em que se incluem relações entre a luz e as tintas, não é incluída qualquer gravura, qualquer alusão à criatividade e à emoção dos artistas ou às suas fontes de entusiasmo e de inspiração.

Pretendíamos também “ver” se os manuais escolares relacionam conteúdos científicos do tema em estudo com conteúdos de outras áreas científicas ou se se integram os conceitos dentro da mesma área.

Nos seis manuais analisados com maior profundidade surgem relações mais ou menos fortes com a Biologia, através da abordagem da constituição do olho, do seu funcionamento e dos fenómenos da visão, dos defeitos e sua correcção.

Nalguns casos as relações entre os conceitos apresentados são sistemáticas, mesmo dentro da mesma área, noutros o conhecimento, concretamente os conceitos e os fenómenos são apresentados de forma fragmentada. Tal é o caso, em especial do manual E.

Ao procurarmos a integração de aspectos da ligação entre a Ciência a Tecnologia e a Sociedade, encontrámos nos manuais B, C e D aplicações técnicas, nomeadamente os casos do laser, das fibras ópticas e de instrumentos ópticos.

O manual B introduz nas apresentações técnicas referências aos seus “inventores”.

Notemos que esta lacuna encontrada no nosso estudo esta de acordo com os resultados do diagnostico realizado pela equipa que se debruçou sobre o ensino da física e da química, levando à publicação do “Livro Branco”.

No caso dos manuais analisados não parece estar muito assimilada a importância da relação entre o desenvolvimento das sociedades e o crescimento científico-tecnológico. Tendo em consideração que no conceito de crescimento o que está em causa pode ser, fundamentalmente, uma apreciação da extensão do conhecimento ⁷, no conceito desenvolvimento implicar-se-á uma “avaliação ética e sociológica do impacte desse conhecimento. Para que tal possa acontecer é necessária a inserção plena dos cidadãos na sociedade, que dependerá de uma interacção com o conhecimento científico. Assim, não é reflectido em qualquer manual a mudança verificada na ciência no último século, virada para questões como o bem-estar humano, o desenvolvimento económico, o progresso social e a qualidade de vida, a par de todos os desenvolvimentos para “fins menos éticos”. Perde-se assim uma oportunidade de poder contribuir para a formação geral de alunos reflexivos e de cidadãos intervenientes num mundo em que se torna cada vez mais importante a sua participação.

1.4- Apresenta o conhecimento de forma dogmática

A apresentação de conteúdos de uma forma indiscutível, como verdade universal, dogmática ressalta em todos os manuais especialmente em B e C.

⁷ Isabel P. Martins, Conferência Nacional de Física, 2000

O manual B, em episódios que se prestavam a outras abordagens, e dos poucos que surgem em todo o texto, a abordagem utilizada, na página 130, começa com uma linguagem “afectiva”:

Quem pela primeira vez encontrou uma explicação foi o já teu conhecido físico Isaac Newton. Em 1666, com 24 anos, realizou a seguinte experiência (sublinhado nosso):

Continua pela descrição e termina-a de uma forma bastante “seca” e dogmática:

A banda colorida que se obtém designa-se por espectro da luz visível e é constituída pelas seguintes cores, que surgem sempre pela mesma ordem: (...). Assim se comprova que a luz branca não é uma luz simples...

Inicia o livro de texto C este capítulo com um texto interessante acerca da luz, com bonitas imagens para, imediatamente a seguir enveredar por um discurso pouco estimulante para o pensamento, meramente descritivo, inclusivamente das actividades práticas. Ressalve-se, no entanto, o mérito deste texto utilizar uma linguagem clara e acessível ao escalão etário dos alunos a quem se dirige e a um nível cultural médio. O tipo de escrita com que é iniciado este capítulo é, depois, retomado na página 233, acerca da dispersão da luz e da visão das cores.

O livro de texto D inicia praticamente todos os capítulos ou subcapítulos com uma questão associada à observação de um qualquer fenómeno ou curiosidade que, por vezes, se transforma em texto informativo e dogmático. Veja-se a sua página 196 que, a propósito da refacção inicia:

Já reparaste que quando se põe uma palhinha dentro de um copo com água, ela parece estar “partida” junto à superfície da água? Porque é que uma piscina parece ser menos funda do que geralmente é?

Prosseguindo logo com a respectiva explicação:

Os fenómenos referidos acontecem quando a luz passa de um meio óptico para outro. Quando a luz entra num meio transparente mais denso, a sua velocidade de propagação diminui e sofre um desvio maior. (...)

Como se, de facto, fosse assim tão evidente!

Ou na sua página 198, a propósito da reflexão da luz, o capítulo inicia:

Quando a luz incide numa superfície plana e polida (espelho plano) reenvia a luz numa única direcção. A este fenómeno óptico chama-se reflexão da luz.

Prosseguindo com o mesmo tipo de discurso sem, nem ao menos aproveitar a imagem da reflexão de uma paisagem num lago, colocada a meio da mesma página, ao que parece apenas para “enfeitar”.

Estas abordagens, um tanto dogmáticas, estão em oposição com as reflexões que tem vindo a ser conduzidas à escala internacional, sobre as finalidades de formação científica dos jovens, com maior relevância para os que não prosseguem estudos de ciências. Alguns estudos levaram ao surgimento de uma nova orientação para o ensino das ciências, cujo objectivo principal é o entendimento da ciência, da tecnologia e do ambiente, das suas relações e do modo como os conhecimentos sociais se repercutem nos objectos de estudo, sendo o aluno entendido como um sujeito que transforma informação em saber e não como consumidor de informação. É nosso entendimento que se a informação não for transformada em conhecimento pessoal também não haverá (trans) formação pessoal.

Assim, em termos de finalidades, a Educação em ciência devera deixar de se preocupar somente com a aprendizagem de um corpo de conhecimentos ou de processos da ciência, mas antes garantir que tais aprendizagens se tornarão utilizáveis no dia-a-dia “*não numa perspectiva meramente instrumental mas sim numa perspectiva de acção.*” (Cachapuz et al, 2000:71). Nesta perspectiva, importa fazer crer que o principal motivo que impulsiona a criação científica não é de índole formal e matemática mas que há outras razões (Solbes e Traver, 1996).

1.5 – Refere-se à produção de conhecimento

O manual C apresenta uma referência, na sua página 218

(...) muitos foram os cientistas que construíram modelos capazes de interpretar o conjunto das propriedades da luz.

parecendo pretender ressaltar o valor das ideias na produção de conhecimento, no entanto esta alusão perde-se dentro de um texto praticamente todo informativo.

O livro de texto D limita-se a dar a ideia de que os cientistas observam e concluem, fazendo descobertas e demonstrações. Veja-se um extracto da página 170, a propósito da natureza da luz:

*(...)
Edward Morley (1838 - 1923) e Albert Michelson (1852 - 1931) demonstraram, em 1887, que o “éter” não existia. Esta descoberta não trouxe problemas para a teoria de Maxwell, uma vez que as ondas electromagneticas não precisam de suporte para se propagarem.*

Seguiram-se as descobertas de Planck (1858 - 1947) – os “quanta” (...)

Os outros manuais praticamente não fazem referência ao modo como é produzido conhecimento científico.

1.6 - Valoriza a resolução de problemas

Pouco se evidenciam problemas que conduziram à construção das ideias, dificuldades, disputas, interesses, erros, etc.

A valorização da dimensão humana do conhecimento é pouco explícita. No entanto, aparece nalguns casos, em especial nos manuais E e F mas, essencialmente através da aplicação a questões de natureza técnica.

O trabalho dos cientistas é reduzido a “descobertas” sobre o mundo natural (sem referência a fenômenos sociais) que emergem, de um modo geral, de observações, não estimulando os alunos a valorizar a dimensão humana da construção do conhecimento científico.

Sendo, de modo geral a ciência apresentada de um modo “frio” e “desumanizado”, são apontados alguns caminhos:

The history of science was seen then as a way of humanising the science that had been introduced into the curriculum (...)

Leite, 2002:335

1.7 - Sublinha o papel da criatividade e da imaginação na construção científica

Experiments are designed with intense
care and precision.
They take hard work and hard thought
and enormous creative imagination.

Nancy Carwright em *The dappled world*

O papel da imaginação na construção do conhecimento científico é bastante descuidada do capítulo em questão, sendo que o próprio vocábulo imaginação raras vezes é referido.

Perde-se, em muitos casos, a oportunidade para valorizar a dimensão criativa. Repare-se na transcrição de um parágrafo do manual A, na sua página 150:

Os antigos pensavam que a luz se propagava instantaneamente, mas a certa altura foi posta em causa essa ideia. Os físicos determinaram a velocidade da luz, realizando experiências, mais ou menos complicadas, conforme a tecnologia existente na sua época. Galileu foi um dos primeiros a realizar tais experiências.

O papel da imaginação e da criatividade na construção científica não merece qualquer referência no manual B.

O manual C faz uma tímida referência à imaginação na sua página 233:

Teve (Newton) em seguida a ideia de fazer o mesmo com cada uma das cores que tinha obtido

Continuando a descrição e retomando:

Na realidade, o índigo, cor intermédia entre o azul e o violeta, não se observa, mas Newton gostava muito do número sete...

Parecem as autoras ter-se arrependido do tipo de discurso que estavam a enveredar já que a frase nem se completa sendo apresentado imediatamente o parágrafo seguinte:

Este fenómeno de decomposição de luz branca passou a designar-se por dispersão da luz

Ressalvemos as referências em D, na sua página 184: “Platão imaginava os olhos a irradiarem luz...” ficando por aí, pois parece dar a ideia de que a imaginação deixou de fazer parte do quotidiano dos pensadores, referindo algumas linhas depois:

Para perceberem exactamente como trabalham os olhos, os cientistas e os médicos estudaram, ao longo dos séculos que se seguiram, a sua estrutura e o modo de funcionamento.

Ou na página 177:

Foi o físico Isaac Newton quem explicou o aparecimento do arco-íris quando, em 1669, observou a dispersão da luz em prismas de vidro.

O Manual F avança com o mesmo tipo de discurso, por exemplo na sua página 230:

Newton reparou que a luz do Sol...

Para perceber melhor o fenómeno, Newton experimentou...

Importaria, neste contexto, valorizar outras dimensões que normalmente não aparecem nos manuais escolares, contribuindo para ajudar a consciencializar os alunos da dinâmica e da criatividade da actividade científica, tal como preconizamos.

Na mesma linha orientadora é introduzido no manual F, página 231, um desenho representativo do duplo arco-íris, avançando-se com uma explicação “*O arco-íris não é mais que um espectro solar nas nuvens*” sobrepondo-se, portanto, a representação científica a todas as outras representações, dando razão à angústia dos românticos do início do século XIX, que temiam um mundo apenas habitado pelas representações científicas. Esta angústia é expressa numa carta de Haydon a Wordsworth, recordando o célebre “jantar imortal”, transcrita por Dawkins (2000:60):

E não te recordas de Keats propor “Ruína Á memória de Newton” e, quando insististe numa explicação antes de beberes, ele responder “Porque ele destruiu a poesia do arco-íris reduzindo-o a um prisma”?

2 – A utilização da História das Ciências concretizada nos manuais

2.1 - Refere cientistas

Encontramos referências a cientistas nos seis manuais analisados.

De um modo geral, todos os manuais recorrem a referências de natureza cronológico-biográfica sobre personalidades da História da Ciência, destacando-se os anos de nascimento e de morte, ou os séculos em que viveram, a nacionalidade e a alusão de alguma descoberta ou construto pessoal, inserido no próprio texto, em notas ou legendas.

Estas observações em livros de texto de Física levaram Leite (2002:339) a afirmar:

The reduction of the historical content to biographies is another problem that may arise when history of science is included in science teaching.

Não tendo nada de errado estas inclusões, a questão é que, em muitos casos, as incursões à História das Ciências é reduzida a nomes e datas. No estudo referido terá sido encontrada esta tendência, pelo que se afirma que, mesmo para os manuais que incluem mais informações do que o esperado “*‘biographic data, ‘mention to a science discovery’ (...) are the most frequent items*” (Leite, 2002:349).

Apresenta-se, no manual A, a propósito da velocidade da luz, uma referência a Einstein introduzindo-se um retrato com um aspecto “natural”, “humano”, enquanto o manual B apresenta o mesmo cientista numa sala de aula.

Acrescente-se que, no manual A, parece haver algum cuidado mesmo nos retratos apresentados nos outros capítulos, que surgem um pouco menos austeros do que em geral.

No manual C é apresentado na sua página 221 um retrato de Galileu com algumas notas biográficas, ao lado do texto, onde, de um modo ligeiro se aborda a controvérsia entre Descartes e Galileu, acerca da aceitação ou não de um limite para a velocidade da luz. Também em E surgem “retratos” de Newton e Huyghens. Mas que retratos?

De um modo geral aparecem retratos de homens, velhos, austeros, pouco simpáticos, como se já assim tivessem nascido e quase não pertencessem ao mundo dos humanos. Newton e Huyghens aparecem lado a lado acompanhados de uma legenda com as datas de nascimento e morte bem como a referência às teorias propostas acerca da natureza da luz.

Os dados pessoais apresentados pelos manuais limitam-se aos anos de nascimento e de morte, ou aos séculos em que viveram os cientistas, à nacionalidade e à alusão de alguma descoberta ou construto pessoal, inserido no próprio texto, em notas ou legendas.

Encontramos alguns tópicos de abordagens à obra de cientistas marcantes como Newton, Galileu, Herschel, Ritter, Roemer, Huyghens, Einstein.

Perde-se a oportunidade de apresentar outras referências que possam fazer despertar algum interesse pelas temáticas em estudo. Este é um dos aspectos em que o nosso trabalho pretende ser diferente, propondo-nos apresentar uma narrativa que foque outras dimensões.

2.2 - Transparece um estilo “admirativo” por determinadas personalidades “canónicas”

Alguns dos livros de texto escolares acentuam o “modelo do cientista” através dos feitos de personalidades geniais da História das Ciências que descobrem o conhecimento “escondido”, através de empreendimentos isolados.

Veja-se, a este propósito o manual B, página 130 nas suas raras referências históricas:

Quem pela primeira vez encontrou uma explicação foi o já conhecido Isaac Newton

Os escassos relatos históricos limitam-se ao laboratório, ignorando o que está a “montante” e a “jusante”, incluindo os processos de pensamento envolvidos na construção do conhecimento científico quando não se limitam a simples alusões, do tipo:

“em 1666, com 24 anos, realizou (Newton) a seguinte experiência...” (Manual B: 130)

ou

“em 1704 realizou (Newton) duas experiências que revelaram a natureza da luz e da cor”
(Manual C, página 233)

o mesmo manual, C, refere-se a Galileu com expressões como *“fez muitas descobertas”* e como sendo *“o fundador da Física Moderna”*

No manual F, praticamente na mesma linha orientadora avança-se (página 230)

“Foi no século XVII, com as descobertas do cientista inglês Sir Isaac Newton...”

Centrando-nos concretamente na época em que viveram as personalidades em referência mais difícil se tornaria o isolamento, pela força dos intercâmbios e circulação de ideias, sendo que *“os sábios dos séculos XVII e XVIII, mesmo aqueles cujo temperamento os incitava ao trabalho solitário, estavam em constante diálogo com seus companheiros”* (Dascal, 1999:66). Apesar do ambiente geral, estas “imagens” do génio isolado, do desenrolar da ciência em privado, poderão ter sido “cultivadas”, até como uma certa imagem de santidade e de erudição. No dizer de Schaffer (1999: 418), por exemplo:

Newton e os seus discípulos imediatos trabalharam duramente para apresentar este grande homem como um génio isolado, merecedor de enorme devoção, inteiramente independente de qualquer sociedade e transcendendo o seu tempo.

Este carácter individualista continua a ser uma deformação abordada em muita literatura, podendo transmitir uma visão não só individualista como elitista da ciência. Como referem Fernandez et al (2002:482):

a menudo se insiste explícitamente en que el trabajo científico es un dominio reservado a minorías especialmente dotadas, transmitiendo expectativas negativas hacia la mayoría de los alumnos, con claras discriminaciones de naturaleza social e de género (la ciencia es presentada como una actividad eminentemente “masculina”

2.3 - Valoriza a dimensão humana do cientista

Nenhum dos manuais torna claro o papel do erro humano na evolução do conhecimento científico, nem do esforço dispendido ao tentar corrigir os próprios erros ou os de outros.

É uma tendência que não chama a atenção para o facto de os cientistas, como homens que são, estarem sujeitos a errar (...)

(Santos, 1999:68).

O papel do cientista na construção do conhecimento parece resultar essencialmente da detecção de factos experimentais e da existência de meios tecnológicos que pode usar na experimentação (A: 150):

(...) realizando experiências, mais ou menos complicadas, conforme a tecnologia existente na sua época.

Em qualquer dos casos a imagem do cientista é, de modo geral, associada à de genialidade. Atentemos nos verbos utilizados nas referências a cientistas: descobriu, observou, reparou, como já

exemplificamos a propósito de outros itens. O mesmo tipo de alusões foi encontrado por Leite (2002) na análise efectuada aos manuais escolares, pelo que afirma (op cit., 348):

Scientists tend to be characterised as people above the mean that is, as famous or genius. Rarely are they characterised as normal people, that can, for example, fail an exam.

Shapin (1999: 33) dedica alguma atenção ao que entende por

aspiração de utilizar o conhecimento natural reformado para fins morais, sociais e políticos, o que dependia da existência de um consenso sobre o carácter benigno, poderoso e, acima de tudo, desinteressado do conhecimento em questão

3 – O valor pedagógico da História das Ciências

Um estudo da ciência sem um estudo das polêmicas científicas não é um estudo da ciência tal qual esta se faz.

Marcelo Dascal

3.1 - Refere controvérsias e rupturas históricas

Pessoalmente penso que uma história e uma filosofia das ciências que não tenha em conta o papel das polémicas na formação, evolução e avaliação das teorias científicas não só são incompletas, como também são insuficientes para reconstruir o conteúdo dessas teorias e incapazes de explicar como se desenvolve o crescimento do saber científico.

Dascal, 1999: 65

Na linha de ideias de Dascal e outros pensadores procurámos referências nos livros analisados. O manual A arrisca, a certa altura

No século XVII Newton defendeu que as fontes luminosas emitiam pequenos corpúsculos, em todas as direcções, a grandes velocidades. Esta teoria ficou conhecida por teoria corpuscular da luz.

Prosseguindo

Um físico contemporâneo de Newton, o holandês Christian Huyghens defendeu que a luz também consistia em ondas.

Aqui é introduzida uma dissonância, mas apresentada com o termo “também”, abordando a polémica de modo muito “pacífico” e terminando quase a seguir :

Actualmente, os físicos sabem que a luz se comporta em certos fenómenos como onda e noutros como corpúsculo.

Acontece, porém, que este manual não faz mais qualquer referência às discussões interpares.

A propósito da natureza da luz introduzem-se as posições de Newton e de Huygens sem qualquer referência a polémicas, debates, argumentos e sem referências a conflitos entre indivíduos ou grupos, no manual B (página 116):

(...) no século XVII foram estabelecidas duas teorias com o propósito de explicar cientificamente a natureza da luz.

e prosseguindo mais adiante

Hoje, com as contribuições dadas por diversos cientistas... a luz é entendida como tendo um comportamento duplo”.

sendo os resultados apresentados de modo consensual, tal como no mesmo manual, página 130, a propósito de outro assunto não muito pacífico: “*assim se comprova que a luz branca não é simples mas uma luz policromática*”

Se nem se referem as grandes controvérsias, que é feito também do intercâmbio discursivo entre pares, tão característico da época?

Todo o intercâmbio polémico não é, necessariamente, a manifestação do que constitui uma “controvérsia”, “*(...) existem intercâmbios polémicos que reflectem apenas diferenças de atitudes ou de ‘gosto’*” (Dascal, M. 1999:68), podendo, no entanto, contribuir para a construção do conhecimento científico.

O manual C não só perde a oportunidade de explorar as divergências no caso da natureza da luz, como as “ignora”. Na sua página 218 afirma:

Sobre essa natureza (da luz) muito tem sido dito ao longo dos tempos...

Enveredando por informações um tanto desligadas e dogmáticas e continuando mais abaixo:

Durante muitos séculos os homens pensaram que a luz era constituída por partículas ou corpúsculos muito pequenos.

Esta teoria – a teoria corpuscular – teve no físico e matemático inglês Isaac Newton (1643-1727) um notável defensor.

No princípio do século XIX outro cientista inglês, Thomas Young (1773-1829), fez prevalecer uma outra teoria para a luz...

Desperdiça-se aqui a oportunidade de introduzir a dissonância, nem sequer se referindo ideias diferentes das de Newton na sua época, como se em mais de um século ninguém tivesse ousado discordar, até que outra personalidade, descontextualizada, fez prevalecer outra teoria. No final da página conclui-se ainda, também pacificamente: “*Actualmente os cientistas aceitam que a luz tem características comuns às duas teorias*”.

A mesma temática da natureza da luz é abordada pelo manual D de uma forma meramente informativa das opiniões de Newton e de Huyghens com a referência

Durante mais de um século, a Teoria Corpuscular foi a que prevaleceu, devido ao prestígio de Newton

passando, na linha seguinte

No séc. XVIII, o físico Thomas Young explicou alguns fenómenos físicos tais como a interferência, através da Teoria Ondulatória (...)

sem qualquer alusão a uma troca de impressões nem que fosse do tipo de intercâmbios linguísticos, muitas vezes escritos –recensões, correspondência, notas escritas, etc. podendo ir ao pormenor dos intercâmbios orais- debates públicos, colóquios, etc.- que são marcados linguisticamente pela presença de indicadores de oposição explícitos: “eu não estou de acordo com você a respeito de...”, ou “o seu artigo contém um paralogismo que não pode ser perdoado de maneira nenhuma”, etc., ou implícitos – ironia, subentendidos, zombarias, etc. – referidos por Dascal (1999: 68).

O mesmo assunto é, ainda, introduzido no manual F do seguinte modo:

Ao longo dos tempos, a natureza da luz foi objecto de estudo de muitos cientistas, que estudaram os fenómenos luminosos através de teorias que, hoje, se nos afiguram bem bizarras.

Proseguindo com o posicionamento de Newton, de Huygens e a aceitação actual. Mas por que é que as teorias se afiguram hoje bizarras?

Perde-se aqui uma oportunidade de se introduzir a controvérsia, tal como se perde também no manual E, de introduzir as discussões interpares,...

A controvérsia constituiu o tipo de polémica que permitiu à época de formação da ciência ser também o grande momento de inovação e genialidade, momento de cuja genialidade – no dizer de Whitehead – ainda nos alimentamos.
(Dascal, M. 1999: 76).

3.2 - Refere episódios históricos de potencial cultural

De um modo geral os manuais escolares, neste capítulo, não exemplificam com episódios históricos de valor cultural com interesse para as questões da ciência actual.

As influências históricas entre ciência e tecnologia são referidas pontualmente, mas não são aproveitadas para estimular qualquer discussão ou troca de ideias.

3.3 - Contextualiza os aspectos históricos referidos (social e tecnicamente)

Os historiadores, nos últimos anos, têm vindo a ficar descontentes com a maneira tradicional de tratar as ideias como se elas flutuassem livremente no espaço conceptual. Enquanto os relatos anteriores reconstituíam a Revolução Científica em termos de ideias autónomas ou mentalidades incorpóreas, as versões mais recentes têm insistido na importância de situar as ideias no contexto social e cultural que as envolve.

Shapin, 1999: 26

Os conteúdos apresentam-se nestes manuais escolares, como já foi referido, com algumas alusões de natureza bibliográfica e preâmbulos de carácter histórico, mas fazendo decorrer as ideias dos cientistas da observação de factos. Assim, a evolução da ciência assenta em mais e melhores conhecimentos, não clarificando assuntos históricos em contextos sociais, culturais, morais e técnicos, nem relacionando as mudanças de ideias científicas com as alterações nos contextos.

Em qualquer dos casos domina a ideia de um crescimento da ciência por acumulação de factos e ideias, as conclusões tendem a surgir desvinculadas de contextos sociais, das problemáticas que originaram a investigação e dos processos de avanço e retrocesso que lhes deram origem.

Não há, também, relações entre os cientistas e a comunidade científica e os “movimentos” da época.

Em qualquer dos manuais quase não se presta atenção às decisões humanas e ao seu enraizamento social e cultural.

Ao longo do desenvolvimento dos conceitos pouco se recorre a elementos da História das Ciências que ajudem a clarificar conceitos, ou a contextualizá-los, dando-lhes coerência e pertinência.

De um lado a polémica constitui o contexto (ou melhor, o “co-texto”) de diálogo que permite a compreensão do sentido e do alcance das teorias: as objecções e as críticas obrigam os cientistas a especificar e determinar o que era implícito e impreciso nas suas formulações. Obrigam-nos também a modificar as suas teses de acordo com as necessidades, para superar as objecções levantadas contra elas. Por outro lado é a polémica que une as teorias ao contexto social e intelectual da época: elas revelam o que pode ser pressuposto sem justificação e o que deve ser justificado arduamente, as implicações perigosas que se devem evitar a todo o preço e os interesses políticos e intelectuais subjacentes à prática científica

Dascal, 1999: 76

3.4 - Recorre a “histórias” da História das Ciências

Nenhum dos manuais analisados recorre a qualquer “história” da História das Ciências.

É aqui que o nosso trabalho pretende ser diferente, preconizando o recurso às “histórias” da História das Ciências, por lhes reconhecermos grande potencial na construção do conhecimento científico.

4 – Outros aspectos

4.1 - Apresenta sugestões bibliográficas (e/ou de sites)

A bibliografia recomendada, na generalidade dos manuais, está relacionada basicamente com as ciências em geral e a Física, em particular, e mesmo a este respeito as referências são relativamente pobres.

Manifestamos a nossa estranheza por, até mesmo num dos manuais, A, de uma editora que dá os primeiros passos nos livros escolares de ciências físico químicas, mas que tem créditos firmados no ramo de divulgação científica, as referências bibliográficas serem demasiado escassas.

Três dos manuais analisados (A, C e D) apresentam sugestões bibliográficas.

Acrescente-se que no manual E não aparece qualquer referência bibliográfica ou de sites.

No que diz respeito à História das Ciências mais especificamente, como é natural face ao panorama apresentado, o número de referências é inexistente, exceptuando-se apenas o manual C. Considerando que, tal como afirmam Salema e Afonso (2001), se qualquer cientista na sua actividade profissional tem muitas horas de leitura individual, incentivar o gosto pela actividade científica nos alunos passa, pois, pelo gosto pela leitura e pelo desenvolvimento da competência de compreensão textual. Esta razão será tanto mais pertinente se considerarmos a acessibilidade que o texto de cariz mais ou menos científico tem no mundo de hoje, na imprensa, na internet, na publicidade ou em CD-ROM.

Na mesma linha de orientação, os sites com interesse são pouco referidos, sendo excepção os manuais B e F que apresentam referências de sites para consulta de aspectos gerais sobre a temática.

O manual B apresenta referências a dois sites onde podem ser consultadas notas de carácter biográfico de Huygens e de Einstein.

4.2 – Apresenta textos de natureza mediática

É incluído um excerto de um jornal no manual A, com um texto ligando a temática com a saúde, bem como um excerto de um livro de divulgação.

No manual D encontra-se um único excerto da revista “Saúde e Bem Estar”.

No manual E, como Leitura Complementar, é apresentado um texto sobre a Luz e a Visão, com extractos da “Enciclopédia Cambridge da Ciência”, em que se exprime alguma emoção.

Perde-se aqui a oportunidade de ligar o ensino das ciências com aquilo que alguns advogam como a compreensão pública das ciências (Martins, 2000; Santos, 2001). Neste sentido, tendo como meta a literacia científica e considerando que o ensino formal tem o seu papel insubstituível, mas que importa preparar o cidadão comum para gostar de estar informado e de saber informar-se, a apresentação de textos de natureza mediática poderia constituir um recurso importante na abertura de horizontes e na criação de hábitos de leitura.

4.3 - Dá indicações de como aceder a diferentes fontes de informação exteriores à escola

As indicações de como aceder a outras fontes de conhecimento e de interesse, exteriores à escola também não existem, ignorando que todas as pessoas aprendem ciência de uma variedade de fontes, por diferentes caminhos e por numerosos propósitos. No mundo actual cada vez mais a aprendizagem informal assume a sua importância. A escola, no entanto, tem grande influência nos

alunos, pelo que as sugestões de fontes extra podem ser assumidas como “*a complement to school learning*” (Wellington, 2000: 262).

Ao não dar indicações perde-se a oportunidade de contribuir para fomentar o hábito dos nossos alunos a acederem a outras fontes de informação que lhes poderão ser úteis, não só no prosseguimento de estudos, mas na sua formação como cidadãos de um mundo em que a compreensão pública da ciência foi assumida por sectores tão diversos como os cientistas, os gestores públicos ou os educadores em ciências e em que a politização da ciência por sujeição a debate público das soluções propostas para questões sócio-científicas controversas, esta cada vez mais presente. Não nos esqueçamos que, a cada momento, é revelado por grande número de estudos, o deficit de literacia científica das populações. Assim, importa criar nos nossos alunos o gosto de estarem informados e de saberem como informar-se.

Considerações Gerais

Começemos por salientar que a grande maioria do texto que constitui os manuais escolares analisados, concretamente no seu capítulo Luz e Visão, é dedicado exclusivamente a sequências de texto sobre os conteúdos disciplinares, fechados sobre si mesmo, e de tipo descritivo e informativo. Integram, sobretudo definições conceptuais e fenomenológicas, descrições da vida real com mais ou menos ligação aos conceitos científicos propostos.

O corpo de texto principal atribui, de modo geral, grande importância a informações genéricas de factos, conceitos, fenómenos e vocabulário centrado em determinados conteúdos “tradicionalmente” aceites.

Atrever-nos-emos a afirmar que, na maioria, o discurso dominante corresponde à exposição de conteúdos científicos no sentido dos ditos saberes tradicionalmente aceites, sendo o eixo estruturador apresentado basicamente de forma descritiva.

Se nos centrarmos mais nas categorias que foram alvo da nossa atenção, encontramos alguma dificuldade, pois, na maior parte dos casos elas dificilmente transparecem.

A ciência é apresentada não só através de textos informativos, mas também de propostas e de relatos de actividades experimentais organizando-se as percepções de natureza das ciências mais de forma implícita. De modo geral, os manuais escolares apresentam-se como se os fundamentos da ciência sejam os factos observados e as experiências como se, realmente, todos observassem o mesmo e do mesmo modo, reforçando-se caminhos quase únicos. Apesar de praticamente não haver referências à metodologia científica são privilegiados a observação e

encaminhados os processos para a conclusão, recorrendo-se a práticas mais ou menos estruturadas e nalguns casos rotineiras, em que se manipulam materiais sem saber o que se procura, para se obter uma resposta igual para todos, independentemente das suas concepções prévias.

As causas principais de progresso da ciência parecem ser consequência da observação e da descoberta, ou da experimentação e alteração das respectivas condições. O conhecimento parece decorrer espontaneamente a partir de uma boa observação.

Surgem tentativas de resposta a eventuais curiosidades sugeridas pela observação de fenómenos do mundo que nos rodeia. Assim, os textos centram as actividades em objectos e fenómenos da natureza, mas também na sua reprodução artificial. Os propósitos da ciência aparecem muito com a procura de explicações para os fenómenos do mundo natural.

Independentemente do modo como é feito, quase todos os livros em questão estabelecem relações conceptuais com outras áreas das ciências. Nos manuais analisados surgem relações mais ou menos fortes com a Biologia através da abordagem da constituição do olho e dos fenómenos da visão, dos defeitos e sua correcção. Apesar das ligações com outros saberes e outras áreas do saber que determinadas obras evidenciam, a ciência mantém-se como um conjunto de conhecimentos imparciais deixando de lado mesmo aspectos sociais, filosóficos, económicos ou éticos importantes, permanecendo alheada do mundo real, quer em termos históricos, quer em termos actuais.

A valorização da dimensão humana do conhecimento é pouco explícita nos manuais analisados. Essa valorização através da resolução de problemas aparece nalguns casos, essencialmente através da aplicação a questões de natureza técnica.

No caso dos manuais de Física os protocolos não são muito diversificados; geralmente são fechados e servem, na maior parte dos casos, para confirmar conhecimentos previamente apresentados. Dificilmente se encontram protocolos adequados à reconstrução das ideias dos alunos (Leite, 2000) e é pouco usual protocolos centrados em problemas.

Não se coloca em evidência o quadro teórico em que a observação é feita. Com Newton, podemos acompanhar a sua surpresa na forma oblonga da imagem do orifício circular, aspecto que só surpreenderia quem tinha uma cultura científica. Com efeito, o estudo da refração realizado por Descartes levava à expectativa de uma imagem circular. Esta surpresa, que tem uma raiz no quadro teórico foi determinante para tudo o que se seguiu.

Desperdiça-se a oportunidade de salientar as explicações que não surgem apenas dos fenómenos naturais e sociais, mas das conjecturas teóricas, influenciadas pelos contextos e que têm por base a imaginação humana. A imaginação que, no dizer de Santos (2001: 101) “*joga na ciência um papel chave, marca designadamente o início de qualquer construção científica*” é bastante descurada do capítulo em questão, sendo que o próprio vocábulo imaginação raras vezes é referido e o seu papel na construção científica não merece qualquer alusão.

Há alguns manuais que chegam ao fim do capítulo sem qualquer referência aos homens que imaginaram o edifício da ciência. A este respeito encontramos algumas abordagens à obra de cientistas marcantes como Newton, Galileu, Herschel, Ritter, Roemer, Huyghens, Einstein, incluídas em alguns casos não no texto corrente mas em “Leitura Complementar” como se de um “pormenor” se tratasse e não aproveitando para destacar os problemas que interessaram estes cientistas e os contextos que os levaram em determinadas direcções. Os seus contributos aparecem quase sempre como descobertas.

Em qualquer dos casos domina a ideia de um crescimento da ciência por acumulação de factos e ideias, as conclusões tendem a surgir desvinculadas de contextos sociais, das

problemáticas que originaram a investigação e dos processos de avanço e retrocesso que lhes deram origem.

Os escassos relatos históricos limitam-se ao laboratório, ignorando o que está a “montante” e a “jusante”, incluindo os processos de pensamento envolvidos na construção do conhecimento científico, quando não se limitam a simples alusões, sendo os resultados apresentados de modo consensual, sem recurso a polémicas, debates, argumentos e sem referências a conflitos entre indivíduos ou grupos. Estes relatos são, essencialmente, de natureza descritiva e o conhecimento aparece como uma evidência, como é o caso da origem das cores.

E se não há referências ao pensamento dos autores quase não o há à sua própria existência.

E quando as há, em que termos?

Referências cronológicas e retratos de homens, velhos, austeros, pouco simpáticos, como se só assim tivessem nascido e quase não pertencessem ao mundo dos humanos.

Dos manuais analisados apenas C inicia o capítulo com um pequeno texto sobre a importância da luz ao longo da história da humanidade onde se inclui um passo atribuído a Broglie, em que este referiria acerca da iluminação eléctrica e suas virtudes:

Assim nasceu uma arte nova, filha da ciência e da técnica, feita de mil matizes e de quentes sinfonias. Ela é para os olhos o que a música é para os ouvidos...

Apenas nesta referência há uma expressão de emoção que, no entanto, apenas tem alguma continuidade num dos manuais, mas nem sequer havendo uma alusão à obra de onde a expressão foi citada para quem pudesse procurar algo mais.

Um dos livros (C) parece-nos um pouco “herdeiro” de outro (editado em 1996 pela Raiz Editora) tendo, no entanto, perdido algumas pequenas incursões à História das Ciências, excertos

de poemas e propostas de actividades interessantes. Mesmo ao nível da linguagem utilizada, o primeiro é apresentado com um discurso menos técnico, mais cuidado, mais acessível ao aluno médio.

Em todos os outros manuais, de um modo geral, a linguagem é técnica, “seca e fria”, como se o conhecimento científico não tivesse sido produzido por humanos.

Como afirmaria Gérard Chevalier (1993 citado por Valente et al, 1995)

Como se a Física não fosse obra humana, mas sim uma colecção de leis a aplicar, descidas de não se sabe que Olimpo.

A importância que a explicação de Newton sobre a origem das cores teve sobre os pintores é grande. Alguns manuais apresentam reproduções mas não valorizam isso, tornando-se como se apenas estivessem a enfeitar o texto. Seriam exemplos para evidenciar a interacção entre diferentes aspectos da cultura.

Encontramos duas referências, ao “bonito” arco-íris e à pintura, com uma imagem de pintura rupestre, manual D, enveredando depois pela “história dos corantes” e fugindo a qualquer influência da luz e da cor na pintura e nas outras formas de arte ao longo dos séculos. A reprodução de um quadro de Joseph Wright, contemporâneo de Newton, representando o arco-íris, presente num manual editado em 1996 não mereceu a atenção dos autores (dos manuais A ou E) nas edições de 1999.

Constatamos, pois, que se perde uma oportunidade para que a educação científica valorize os espaços criativos e a eles se associe.

Descura-se a dimensão imaginária da actividade científica, o lugar das decisões humanas e o seu enraizamento sócio-cultural.

Parece, assim, ficar para o professor o papel de dar relevo à emoção, à criação e à imaginação no ensino/aprendizagem da Física.

Se nos centrarmos concretamente na temática “Refracção” as abordagens são ricas em termos de ligação à tecnologia, mas ainda mais pobres em termos de História das Ciências, havendo apenas umas tímidas referências a Newton e às experiências que revelaram a natureza da luz e da cor.

Ao procurarmos qualquer “história” da História das Ciências que nos ajude a dar um rosto mais humano à temática visada e, quiçá, à própria ciência, nada foi encontrado, ou seja, parecem concretizar aquilo de que Bruner (2000) nos fala com ironia, na sua página 123):

Não interessa absolutamente nada que as leis de Newton sobre a cor lhe tenham ocorrido no verão, quando Cambridge, onde então residia, estava ameaçada pela peste. Por isso, deixou a cidade, terminando noutra sítio o seu trabalho. O objectivo da sua teoria era explicar a mistura da luz colorida, sendo irrelevantes as condições da descoberta. As leis da cor, dizemos nós, são “eternas” e sem “contexto”.

Refira-se ainda que a bibliografia recomendada, na generalidade dos manuais, está relacionada basicamente com as ciências em geral e a Física, em particular e que, mesmo a este respeito as referências são relativamente pobres.

No que diz respeito à História das Ciências mais especificamente, como é natural face ao panorama apresentado, o número de referências é ainda menor ou inexistente.

Se pensarmos que o livro também é dirigido ao professor, e atendendo ao grande número dos que fazem dele a sua base de trabalho, seria pertinente a inclusão de bibliografia actualizada e adequada na área da Didáctica das Ciências, para além da História das Ciências e das ciências da especialidade.

E se as referências bibliográficas escasseiam as referências a sites com interesse escasseiam mais ainda, havendo manuais que não fazem uma única referência, o que os torna desligados da realidade do mundo em que vivemos.

A Narrativa

(...) Da minha memória desapareceram
as regras da gramática, os problemas, os rios,
as linhas dos comboios e as grandes figuras históricas.
E as guerras, com datas e heróis, decorados um a um,
sumiram-se-me da cabeça.
Senti-me limpo e feliz, de novo criança.

Manuel da Fonseca

Onde tudo começa

A ligação à narrativa podemos tê-la transportado dos contos da infância, sentimo-la fortemente nos escritos de Manuel da Fonseca e António Gedeão/Rómulo de Carvalho, sedutores de um público “*mais ou menos rendido ao fascínio daquilo que a narração evoca*”⁸.

O apelo à introdução da narrativa no ensino das ciências encontramos-lo em Bruner e o caminho para a sua produção através da construção histórica, em Valente.

Para produzir alguns elementos que pudéssemos utilizar nas “histórias” contadas aos alunos, em especial aos do 8ºano, concentrámo-nos na origem das cores, em Newton e no seu percurso, inspirando-nos e servindo-nos basicamente em:

Authier, M. (1996). *A refração e o “esquecimento” cartesiano*

Blay, M. (2001). *La lumière selon Newton*

Blay, M. (2001). *Dans le tourbillon des couleurs*

Carpentier, (1995). *La longue vie d'un enfant condamné*

Chadeau, E. (1995). *L'air du temps*

⁸ José Mariano Gago prefaciando *A Física no Dia a Dia*, de Rómulo de Carvalho

- Cohen, B. e Westfall, R. (1995). *Newton*
- Dascal, M. (1999) *A polémica na ciência.*
- Dawkins, R. (1998). *Decompondo o arco-íris.*
- Fitas, A. (1995). *Algumas considerações sobre a óptica de Newton, a controvérsia em torno da experimentum cruccis*
- Gibert, A. (1982). *Origens Históricas Física Moderna*
- Gil, F. (1999). *A ciência tal qual se faz e o problema da objectividade*
- Martins e Silva (2001). *Newton and Colour: the complex Interplay of Theory and Experiment*
- Maury, J. P. (1995). *Après Newton, une gloire écrasante*
- Park, D. (1997). *The Fire within the Eye*
- Serres, M. (1995). *Paris 1800.*
- Shaffer, S. (1999). *As instituições científicas: a geografia histórica dos laboratórios.*
- Stengers, I. (1995). *Os casos Galileu*
- Valente, M. J.P. (2000). *Comunicação apresentada ao 1º Congresso Luso-brasileiro da Ciência e da Técnica*
- Verlet, L. (1993). *La malle de Newton*

Da primeira gota de água de laboratório ao prisma de Newton

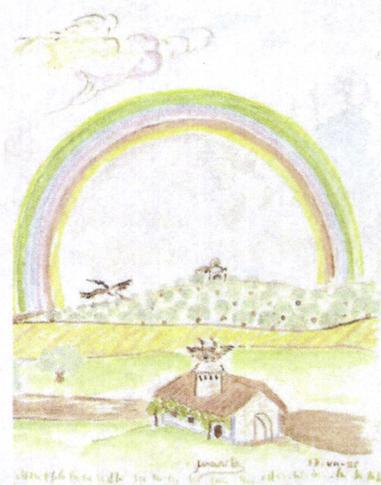


Figura 3. O arco-íris⁹.

Primeiramente choveu ou chuveou. O tempo estava carrancudo e o céu coberto de nuvens negras. Pouco a pouco começou a clarear e um Sol muito tímido a fazer esforços para romper as nuvens. Ei-lo que as rompe, e então começa a esboçar-se no céu um imenso arco luminoso e colorido que parece sair da terra, que se eleva e se encurva e novamente mergulha na terra sumindo-se nela.

Rómulo de Carvalho, 1995: 77

Este imenso arco luminoso, e colorido, desde sempre suscitou espanto, encantamento e curiosidade.

A harmonia, associada à forma e às cores do arco-íris começou por ser atribuída a uma relação dos deuses para com a Terra. Na verdade, a beleza do espectáculo só poderia estar associado a uma ideia bonita: Íris é mensageira entre Zeus e o mundo terrestre e daí o nosso arco-íris.

Esta ideia será recuperada, bem mais tarde, pelo cristianismo simbolizando a aliança entre o divino e o humano.

Aristóteles terá sido, provavelmente, o primeiro filósofo a construir uma explicação sobre a formação do arco-íris, com algumas reflexões acerca do mesmo¹⁰.

⁹ Desenho incluído no Cancioneiro de Serpa, p.145.

... o arco nunca é visto num dia de céu limpo e precisa ser produzido por reflexões numa nuvem.

Assim, seria levado a concluir que os raios visuais deixando o olho do observador dirigem-se às gotas de água que formam as nuvens viajando em direcção ao Sol atrás do observador.

Para explicar o arco Aristóteles representa-o (figura 3), introduzindo a “novidade” que se conseguisse expressar algo em termos matemáticos poder-se-ia entender melhor¹¹, evidenciando o papel da geometria na construção do conhecimento sobre o mundo natural.

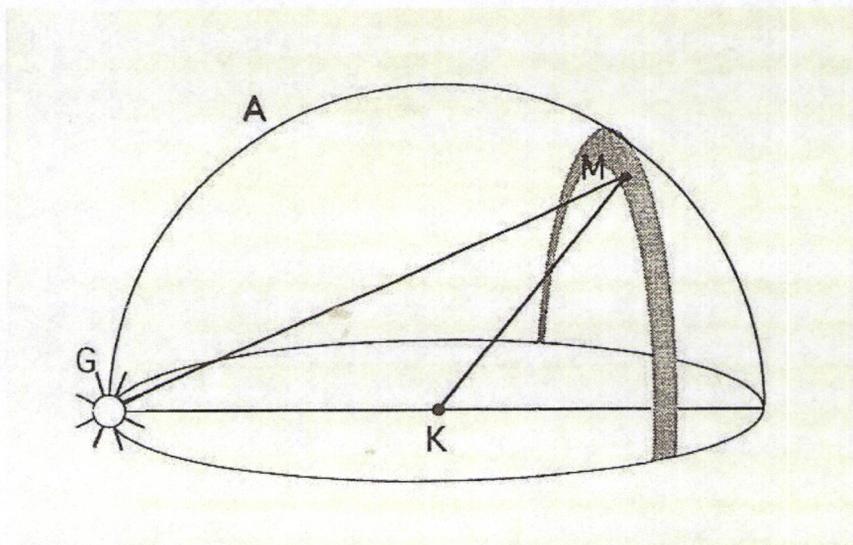


Figura 4. De acordo com a teoria aristotélica da formação do arco-íris A representa o hemisfério celeste e o Sol está no horizonte, em G, localizando-se o observador em K. Os raios visuais dirigem-se a M e reflectem-se para G. (Representação incluída em Park, 1997:47)

Assim Aristóteles explicava, também por que motivo a reflexão solar se forma em arco, imaginando uma nova hipótese¹², e explicando também porque motivo o observador está sempre na linha entre o centro do hemisfério celeste e o Sol.

Mas Aristóteles não explicou ainda as cores do arco-íris, tornando-se mais difícil argumentar a sua convicção da formação de três bandas. Uma, a maior, é vermelha, as outras, azul

¹⁰ Estas reflexões ocupam parte da sua obra *Meteorology*, de acordo com Park (1997:46)

¹¹ Ideia expressa em Park (1997:47)

¹² Imagina que a relação das distâncias GM e MK é fixado num certo valor, especificando o tamanho do hemisfério e se todos os pontos M se situam no hemisfério A, explicando-se porque a reflexão forma um arco e porquê o observador esta sempre na linha entre este centro e o Sol.

e verde. O amarelo, entre o vermelho e o verde, é explicado como um efeito subjectivo de contraste¹³

A procura de uma explicação para a origem das cores fez de alguns pensadores da Idade Média verdadeiros precursores do método experimental. Estão neste grupo os pensadores ligados à escola de Oxford onde Robert Grosseteste, seu fundador (1168 - 1253) e bispo de Lincoln, tenta entender o misterioso arco.

Enquanto que nos maiores centros intelectuais da época se mantém fidelidade à “co-leitura” das obras dos grandes pensadores clássicos, como Aristóteles, os “sábios ” da escola de Oxford, continuando na tradição da “co-leitura” dos textos clássicos introduzem, no entanto, um novo aspecto: o interesse pela natureza.

Dado estarmos em plena Idade Média, o interesse pela Luz é grande, de acordo com o “espírito” que presidiu à elaboração do painel de mosaicos representado na figura 5.

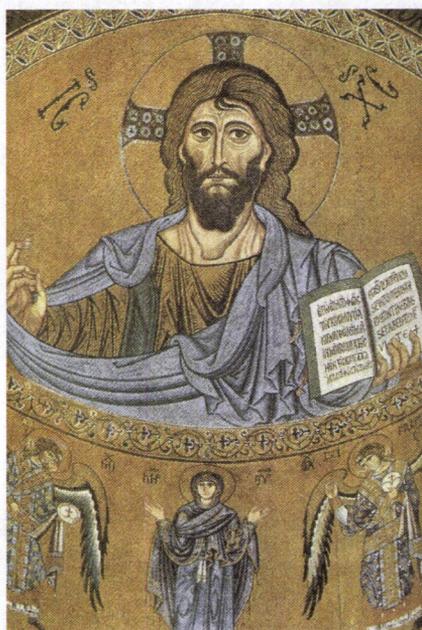


Figura 5. Mosaico da Catedral de Cefalú, Sicília, do século XII, representando a bíblia aberta com as palavras “**Eu sou a luz do Mundo**”, em Grego e em Latim. (Apresentado por Park, 1997: 220).

Grosseteste, perante o seu quadro de conhecimentos terá evoluído na procura da explicação para o arco-íris, fazendo-a depender da refração, baseada no efeito da nuvem sobre a luz, o que não seria passível de reprodução laboratorial.

¹³ De acordo com Park (1997:47)

Aliás, a refração como fenómeno parece ter, ao longo dos tempos, preocupado os “sábios”¹⁴.

Grosseteste preconiza o controlo das hipóteses e dos “consequentes” pela experiência e afirma mesmo um princípio de economia da natureza, para legitimar os seus métodos, que aplica à luz : “*A natureza age segundo o caminho mais curto possível*” aliada à “*mais perfeita possível*”¹⁵, colocando o estudo da luz no centro da concepção do mundo físico e o problema central de qualquer conhecimento.

Mas porquê?

Dois fenómenos preocupam estes “sábios”: o primeiro, maravilha da natureza e o símbolo da aliança com Deus (o arco-íris) encontra no segundo (o funcionamento das lentes esféricas), maravilha das técnicas do vidro da época, os modelos que os associam através do problema da cor, cuja chave será a refração¹⁶.

Neste contexto, não seria, portanto, de estranhar que um outro monge, Theodoric de Freiberg (1250-1310) se interessasse pela luz e pelo esplêndido arco, em particular, admirando-o e questionando-o, tendo como quadro teórico e metodológico o pensamento de Grosseteste, herdeiro de Aristóteles.

As “cores” continuam a ser encaradas como um escurecimento da luz na passagem através de um meio diferente. Mas que cores? E qual o mecanismo da sua produção?

O interesse de Theodoric pela natureza junta-se ao seu interesse pela matematização do fenómeno.

Continua a haver vários factos por explicar como o aparecimento ocasional de dois arcos, os respectivos ângulos de formação, a menor luminosidade no espaço entre os dois arcos e a respectiva inversão de cores.

¹⁴ De Arquimedes refere Authier (1996: 69) a seguinte descrição:

Se colocares um objecto no fundo de um vaso, e se afastares até que não se possa mais ver o objecto, verás que ele reaparece a essa distância desde que enchas o vaso de água
mostrando que tenta simular o fenómeno.

¹⁵ Segundo Authier (1996: 79), para Grosseteste “tudo é uno, proveniente da perfeição de uma luz única e as coisas só são múltiplas graças à multiplicação da própria luz.

¹⁶ De acordo com Authier (1996:79).

Com estas preocupações na cabeça Theodoric continua a olhar à sua volta e vê o que todos nós vemos, ou podemos ver: produção de cores nas gotas de orvalho, nas teias de aranha, nas fontes, etc.



Figura 6. “Produção” do Arco-íris num jacto de água. (In Cancioneiro de Serpa, p.272)

Mas ao ver isto neste seu processo de procura por uma inteligibilidade que ajude a promover uma relação harmoniosa com a natureza, a sua imaginação produz um salto: afinal as nuvens não são precisas.



Figura 7. “Produção” de cores numa teia de aranha orvalhada

Afinal as cores não são produzidas pelo efeito sobre as nuvens mas sim sobre as gotas de água que constituem as nuvens.

Este salto imaginativo é essencial para a sua concretização metodológica: ele poderá agora reproduzir a gota de água.

De um acontecimento esporádico, efêmero e longínquo ele passou a poder manipular este fenómeno através de uma verdadeira metodologia experimental. É, deste modo, que nasce a primeira “gota de água” de laboratório.

Imaginando o mecanismo utiliza um frasco de vidro cheio de água¹⁷, tentando perceber o que se passa numa única gota que lhe possa permitir, ao mesmo tempo, conseguir medidas.

Theodoric de Freiberg não põe em causa a essência da explicação de Aristóteles sobre o aparecimento das cores. Relembremos que, na antiguidade clássica, Aristóteles interpretou o arco-íris como uma reflexão de luz nas nuvens e a produção de cores como um enfraquecimento de luz. Ele via no arco-íris três cores: vermelho, verde, e azul. O amarelo era interpretado como uma impressão subjectiva devido ao contraste entre cores. Esta explicação inicial resultou da analogia da luz com o som.

Com a ideia que o arco-íris era produzido por repartições e reflexões nas gotas de água, os frascos de vidro cheios de água ter-lhe-ão permitido conseguir medidas.

Trabalhando arduamente com os seus frascos, representando cada um uma gota de água aumentada de forma gigantesca, consegue fixar com relativa precisão, o valor dos ângulos sob os quais aparecem as cores, transpondo as suas conjecturas para o arco-íris¹⁸ e explicando a formação do vermelho no topo e do azul na base.

¹⁷ Thierry de Freiberg (1250-1310) escreve no seu “De iride”, citado por Authier (1996:79):

A função da Óptica consiste em determinar o que é o arco-íris, porque, ao fazer isso, revela-lhe a razão, na medida em que se acrescenta à descrição do arco-íris a maneira como esta espécie de concentração pode ser produzida na luz que vai de um corpo celeste luminoso para um lugar determinado por uma nuvem, e uma vez dirigido, por refrações e reflexões particulares dos raios, deste lugar determinado para o olho.

¹⁸ Theodoric terá escrito, de acordo com Park (1997:223)

“it is found that if the sun is shining and little spheres are monted in a fixed position, then when the eye is raised and lowered it sees a variety of colours”

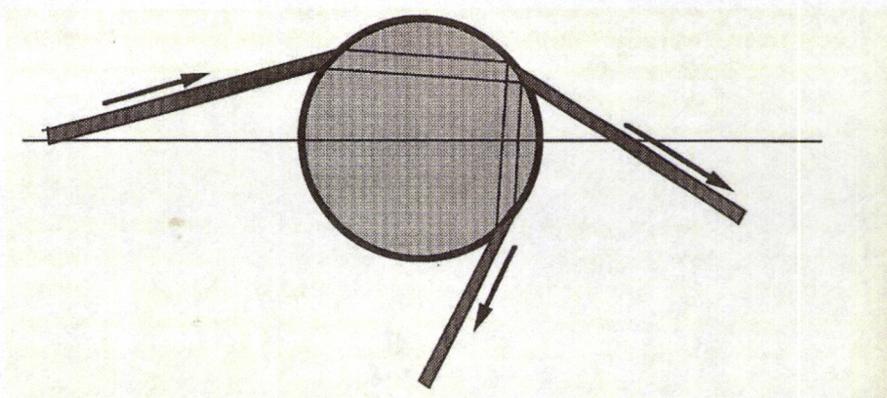


Figura 8. Esquema de Theodorich explicando como se forma o arco-íris primário por reflexão da luz em cada gota da nuvem. Apresentado por Park (1997:222).

A criatividade de Theodorich consegue explicar a formação do segundo arco, como mostra a figura seguinte, mas guardando a reserva da criação do arco não muito afastado do observador.

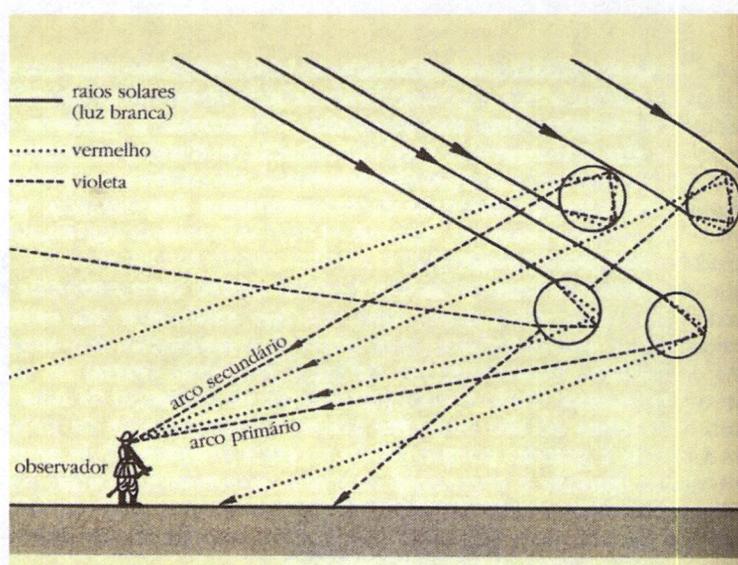


Figura 9. Esquema de Theodorich de Freiberg para explicar a formação do segundo arco-íris. Apresentado por Authier (1996:80)

Observa-se assim, em cada balão, que representa uma gota de água aumentada de forma gigantesca, como se formam os raios das cores extremas dos arcos primário e secundário. Poder-se-ia, também, observar que os raios do arco primário sofrem uma reflexão e os do arco secundário duas reflexões, o que explica a inversão das cores.

O interesse pelo arco-íris, que parece ter sido esquecido nos séculos XIV e XV, é retomado por Descartes, sem que este reconheça a herança cultural dos seus antepassados¹⁹. Apesar de demonstrar construir o seu conhecimento com base nos trabalhos dos antecessores, Descartes fez deles “tábua rasa”, não se lhes referindo e marcando a necessidade de impor o “seu método”.

O que terá mudado na forma de fazer ciência?

O que aparece com Descartes não será, pois, tanto uma nova forma de fazer ciência mas um modo diferente de expôr os resultados, a natureza torna-se a única referência, a razão governa a experiência, o bom senso a erudição²⁰.

Estamos também perante um contexto em que a burguesia, o seu poder económico e a sua linguagem substituem os clérigos, procurando para o conhecimento científico uma abertura diferente. Estamos, por outro lado, numa época de “caça às bruxas”, em que se tornam numerosas as fogueiras prontas a queimar qualquer ideia fora dos cânones vigentes.

Por esta época terá havido uma considerável transformação da prática científica com a contribuição de dinheiro, com a instituição de “redes de comunicação” científica na Europa e, também, com a influência do discurso cartesiano²¹.

A pintura teria já deixado de estar centrada nas igrejas para estar ao serviço dos banqueiros e comerciantes, ajudando ao despertar do interesse pelo estudo dos fenómenos ópticos. Estamos na época de Leonardo da Vinci, já em pleno Renascimento, demonstrando este “génio” a necessidade de estudar os fenómenos da natureza pela experiência, a observação e uma análise meticulosa, deixando de parte, o mais possível, dogmas religiosos e paradigmas filosóficos. Por arrastamento

¹⁹ Referindo, na sexta parte do *Discurso* o seguinte, de acordo com Authier (1996:88):

Não me gabo de ser o primeiro inventor de algumas (descobertas), mas que nunca as recebi nem pelo facto de elas terem sido ditas por outros, nem pelo de o não terem sido, mas apenas pelo que a razão me persuadiu delas

fazendo a apologia de um método único para todas as ciências, fundado na simplicidade, na clareza e numa marcha progressiva rumo à complexidade, mas assente na matemática

²⁰ Assim, de acordo com Authier (1996:89)

a natureza, o bom senso e a intuição vão editar uma natureza da luz, da qual decorrerá uma lei da refração que governará, por dedução e interpretação todos os fenómenos.

²¹ O aparecimento, há trezentos e cinquenta anos do *Discurso do Método* institui o racionalismo científico.

fomentou-se não só a impressão de obras, como o tornar públicos os “maravilhosos” instrumentos: as lentes, as lunetas, etc.

Retomando o interesse pelo “arc-en-ciel” Descartes retoma também o interesse pela esfera de vidro cheia de água, tendo mesmo repetido as experiências de Theodoric de Freiberg com os balões de vidro. Se, em Theodoric de Freiberg era a natureza a fonte de interesse intelectual e espiritual, em Descartes o artificial, e a gota em especial, adquirem um valor que se sobrepõe ao interesse pelo arco-íris e à emoção estética que se lhe associa.

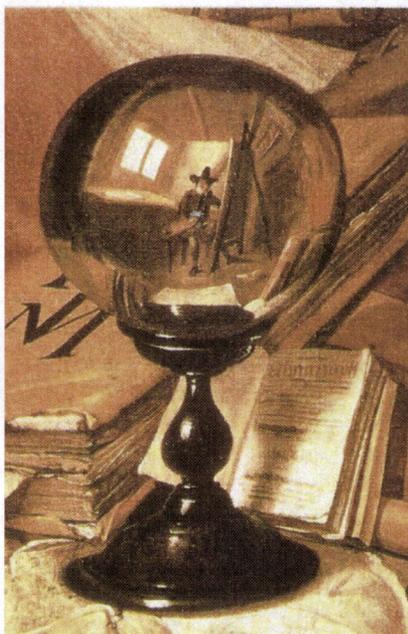


Figura 10. Pintura de Vinne, no século XVII, representando a “gota” de Descartes. Apresentada por Blay (2001:56).

Descartes explicava o aparecimento das cores como o resultado da interacção entre a matéria constituinte do feixe de luz solar e a matéria atravessada, o vidro ou as gotas de água²², simplificando o seu estudo e fazendo prova de grande talento de experimentador. Observando os raios emergentes da sua “gota”, pressupondo que a tendência da luz para se rodar é diferente em

²² O que o levará a escrever, de acordo com Fitas (1995:58):

a natureza das cores que aparecem consiste unicamente no facto da matéria subtil que transmite a acção da luz tender a rodar com mais força do que a movimentar-se em linha recta; de tal modo que as [partículas] que rodam mais provocam o vermelho e as que rodam um pouco menos provocam o amarelo

meio diferente, procede aos seus cálculos e consegue uma explicação para a formação da faixa vermelha no topo e da azul na base.

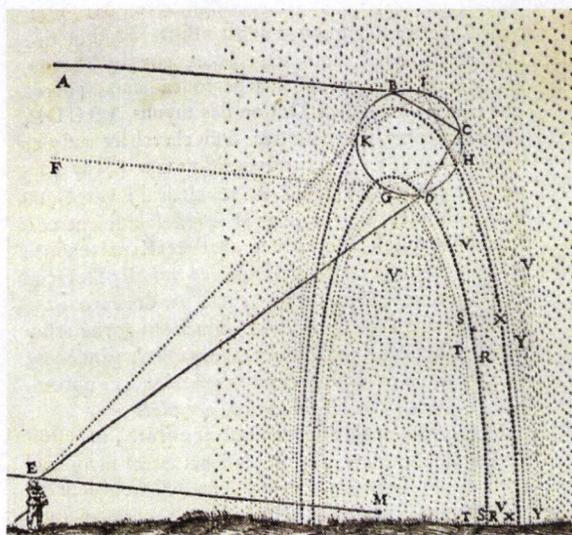


Figura 11. A explicação cartesiana do arco-íris na obra *Les Météores*. (In Blay, 2001:55)

Notar que os dois arcos se formam por efeito da mesma gota. Esta ideia será depois rebatida.

Estamos já próximos de um acontecimento que marcará de uma forma indelével a história da luz: o interesse de Newton pelo aparecimento das cores.

Em 1666 Newton era um membro de um respeitável *college* (o *Trinity college*) dominado pelos membros da Igreja Anglicana, que verificavam se qualquer nova filosofia natural estava de acordo com os princípios da religião. Com vinte e quatro anos Newton tinha já lido diversas obras de sábios europeus entre os quais Descartes e os trabalhos experimentais de Boyle e Hooke sobre a luz e as cores.

Porque é que Newton se começa a interessar por este fenómeno?

O restrito meio científico inglês já conhecia a reputação do jovem Newton na matemática, disciplina de que era professor no Trinity College, apesar de ter numerosos outros interesses. O seu

interesse pela astronomia fá-lo dedicar-se à construção de telescópios, qual artífice engenhoso e paciente.

O jovem Isaac Newton luta contra um fenómeno de produção de franjas de luz colorida pelos bordos de uma lente que, assim, actua como um prisma. Estes efeitos de aberração cromática seriam, de acordo com o próprio Newton²³, a causa das más imagens recebidas.

Seria um problema originado pela forma das lentes?

Tenta perfis diferentes polindo vidros ópticos para obtenção de outras formas que não as esféricas, sem que consiga eliminar os efeitos indesejáveis, chegando à conclusão que o efeito das cores era impossível de eliminar.

É então que se propõe desenvolver um novo tipo de telescópio em que um espelho substitui a lente objectiva, invenção esta que resolve anunciar à Royal Society, enviando uma carta ao então Secretário da mesma Henry Oldenburg, a 18 de Janeiro de 1672 (em que agradece o facto de ter sido eleito membro dessa academia), nos seguintes termos²⁴:

“Gostaria que na vossa próxima carta me informásseis por quanto tempo a Sociedade continuará com as suas reuniões semanais, porque se elas continuarem proponho-me submeter-lhe as contribuições para uma descoberta filosófica [científica] que me conduziu à construção do dito telescópio e que, eu não duvido, se mostrará muito mais útil que a comunicação sobre esse instrumento, sendo, na minha opinião, a mais estranha, se não a revelação mais importante, feita actualmente sobre o comportamento da Natureza” (sublinhado nosso)

A promessa concretiza-se com nova carta endereçada a 6 de Fevereiro de 1672²⁵, em que Newton parece assumir uma atitude de puro experimentador, dando a conhecer logo de início, a sua intenção:

*“De acordo com a minha promessa, faço saber, sem mais cerimónias que no princípio do ano de 1666, quando me ocupava a polir vidros ópticos de formas não esféricas, obtive um prisma de vidro triangular, para fazer a experiência do célebre fenómeno das cores.”*²⁶ (sublinhado nosso)

²³ citado por Park (1997:199).

²⁴ de acordo com Fitas (1995:57)

²⁵ de acordo com Gibert (1983:89)

²⁶ de acordo com Fitas (1995:58)

Aqui faz uma referência que explicita o conhecimento da obra de Descartes, que terá referido esta expressão na sua publicação *Les Météores*. Em seguida descreve a experiência da dispersão da luz branca através do prisma

Para isso pus-me no meu quarto às escuras e pratiquei um pequeno orifício na porta da janela. Comecei por olhar com prazer as cores vivas e intensas assim produzidas, mas depois considerando-as com mais atenção surpreendeu-me verificar que elas tinham uma forma oblonga, ao passo que, de acordo com as leis da refração, esperava que a sua forma fosse circular... (sublinhado nosso)

Ressaltemos o prazer e surpresa assinaladas por Newton por algo inesperado que precisa de ser explicado, avançando com alguns resultados experimentais que obtivera:

Comparando o comprimento deste espectro colorido com a sua largura encontrei-o cinco vezes maior; diferença tão extraordinária que me levou a examinar com uma viva curiosidade qual poderia ser a respectiva causa

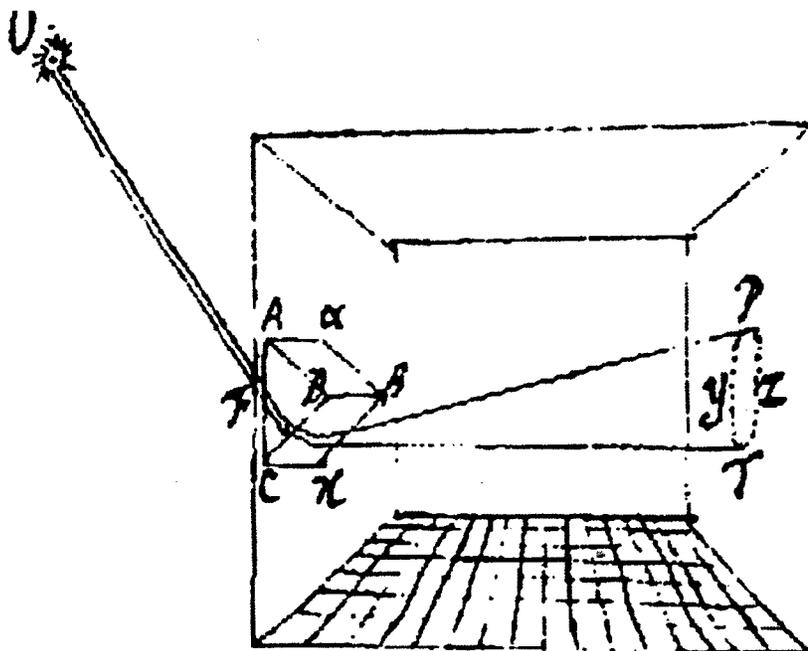


Figura 12.O esquema de Newton da primeira experiência, na sua carta de 1672 (apresentada em Martins e Silva, 2001:274)

O prazer e a surpresa assinalados por Newton parecem ser fundamentais para alimentar a fase de árduo trabalho que se seguiu. A figura incluída num livro de Voltaire consegue “materializar” bem a surpresa de Newton²⁷

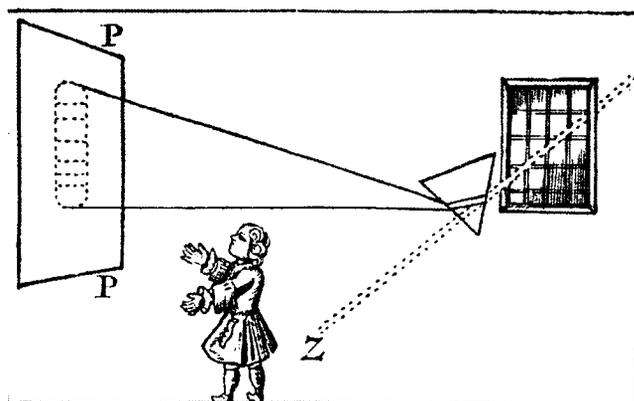


Figura 13. A experiência de Newton com um raio de luz, segundo um desenho de Voltaire e apresentada no livro de Park (1997:201)

Newton começou a coleccionar mais prismas, vidros que eram vulgarmente vendidos por vendedores ambulantes em feiras, a baixo preço, pois eram artifícios divertidos, reunindo um determinado número, com nervuras e irregularidades, mas capazes de conseguir os seus propósitos.

Boyle terá ajudado a transformá-los em instrumentos mais adequados, tendo-lhes chamado de “o instrumento mais útil que os homens até hoje usaram na contemplação das cores”²⁸.

Já um ano antes Newton tinha pintado numa folha de papel preto uma risca vertical, metade vermelha e metade azul. Olhando através do prisma para a linha, as duas metades separaram-se²⁹. Os raios coloridos sofriam, portanto, desvios diferentes

O cientista ter-se-á esforçado duramente para assegurar que os raios incidindo no prisma eram paralelos, colocando uma tábua com um orifício entre a janela e o prisma. No caso de os raios se refractarem identicamente as cores iriam constituir um círculo.

Porque continuaria Newton a procurar obter a imagem circular?

²⁷ No dizer de M. Valente, na comunicação apresentada ao 1º Congresso Luso-Brasileiro de História da Ciência e da Técnica.

²⁸ De acordo com Shaffer (1999)

²⁹ De acordo com Shaffer (1999:420)

Naturalmente porque conhecia as considerações de Descartes acerca da refração, bem como as respectivas “leis”. Estas, levaram-no a esperar que a imagem projectada do orifício continuasse a ser circular.

Acontecia, porém, que as imagens coloridas apresentavam uma forma oblonga, com uma altura de cerca de cinco vezes maior que a largura.

Nos meses seguintes Newton terá imaginado técnicas mais complexas para esta experiência, usando meios mais apuradas de desviar a luz. Terá colocado o prisma na posição de desvio mínimo, que é uma posição única de colocação do prisma que pode produzir uma imagem circular, de acordo com a lei da refração, de Descartes.



Figura 14. O interesse pela “produção de cores” no prisma de Newton. AKG Paris.

Apresentada por Blay, 2001:7.

Relembremos a explicação de Descartes para o aparecimento das cores quando a luz solar atravessa a matéria, que lhe permitia explicar o arco-íris. Este pensador terá escrito na sua publicação *Les Météores*³⁰:

A natureza das cores que aparecem consiste unicamente no facto de a matéria subtil que transmite a acção da luz tender a rodar com mais força do que a movimentar-se em linha recta;

³⁰ Citado por Fitas (1995:58)

de tal modo que as [partículas] que rodam mais provocam o vermelho e as que rodam menos provocam o amarelo.

Seria este o quadro de interpretação vigente na época em que Newton desenvolvia os seus trabalhos.

Na experiência de produção do espectro, Newton refere que o azul é mais refractado que o vermelho. Os raios coloridos divergem gradualmente. O que se passa?

Newton considera duas hipóteses:

1. A cor é uma qualidade que a luz recebe do prisma ou
2. A luz branca é uma mistura de todas as cores do arco-íris e o prisma apenas serve para separá-las.

Simplificando toda a problemática das cores nestas duas alternativas a resposta pretendida aparentará também ser simples.

É no sentido de dar resposta a estas questões e de contrariar a teoria de Descartes que elabora a famosa experiência crucial (*Experimentum Cruccis*³¹) que, segundo as suas palavras descreve³²:

A gradual remoção destas suspeições levaram-me com o tempo à experiência crucial, que foi esta: peguei em duas pranchas e coloquei uma delas perto do prisma à janela, de forma a que a luz passasse através de um pequeno orifício, feito com essa finalidade e atingisse a outra prancha, que eu coloquei a 12 pés de distancia, tendo feito nela também um pequeno orifício, a fim de que parte da luz incidente o atravessasse.

Newton prossegue colocando a tónica no método utilizado e nas observações minuciosas³³

³¹ Atribuindo-lhe esta designação em homenagem a Francis Bacon, do qual se conhece a importância dada à *Instantia crucis*, que era uma prova, posta na encruzilhada de dois caminhos teoricamente possíveis, devendo permitir escolher um e rejeitar outro (Verlet, 1993:106)

³² De acordo com a carta datada de 1672 e transcrita por Cohen e Westfall (1995:173)

³³ descrevendo, tal como transcrevem Cohen e Westfall, 1995:173

This done, I took the first prisme in my hand, and turned it to and fro slowly about its Axis, so much as to make the several parts of the Image, cast on the second board, successively pass through the hole in it, that I might observe to what places on the wall the second prisme would refract them. And I saw by the variation of those places, that light, tending to that end of the image, towards which the refraction of the first prisme was made, did in these second prisme suffer a Refraction considerably greater than the light tending to the other end.

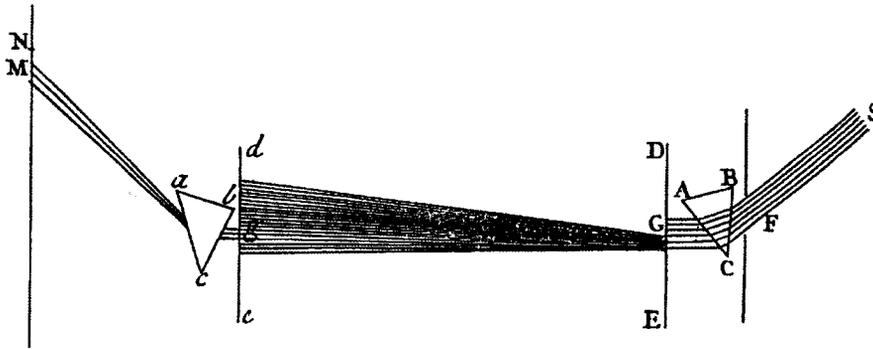


Figura 15. Esquema da experiência crucial, incluído na obra de Park (1997:202)

Após o que concluiria³⁴:

1. *“... as cores não são modificações da luz, resultando, como se crê geralmente, da reflexão ou refração, mas são suas propriedades originais e natas que, para raios diferentes são diferentes...”*
2. *“... ao mesmo grau de refringência pertence sempre a mesma cor e à mesma cor pertence sempre o mesmo grau de refringência. Os raios menos refringentes são vermelhos;...os mais refringentes apresentam uma cor violeta intensa...”*
3. *“... Quando um raio é bem isolado dos de outras espécies, conserva sempre com obstinação a sua cor... nunca a pôde ver mudar de natureza”.*

Esta experiência crucial é muito importante para a construção de uma ideia de luz branca como uma mistura de raios coloridos. Com efeito, o segundo prisma permitiria mostrar que o prisma não altera uma cor, apenas a desvia. Assim, esta experiência parece ser decisiva para a prova de que a luz não é homogênea. A questão, contudo, não ficou por aqui. Outras explicações eram possíveis se o quadro teórico de partida fosse diferente.

Como desenvolver a sua explicação tentando convencer a comunidade científica?

Posteriormente havia que fazer com que a Royal Society aceitasse tudo isto, deslocando as experiências do seu quarto de Cambridge para Londres, o que envolvia alguma dificuldade.

³⁴ Citado por Gibert (1983:89)

Em Maio de 1672 foi preparado todo o aparato para uma reunião da Royal Society em Arundel House. A sala estava ocupada com outros “Fellows”, encontrando-se Robert Hooke na assistência, entre nobres, bispos e o “Curador” de Experiências da Society. Newton não se encontrava na sala, apesar de a maior atracção da sessão ser a sua experiência crucial. Newton havia dado as instruções³⁵:

“Coloquem um prisma perto de uma janela. Deixem a luz refractada atravessar um buraco numa tábua situada mesmo atrás desse prisma e deixem-na depois atravessar doze pés até uma segunda tábua. Nesta tábua façam outro buraco que deixe a luz prosseguir até um segundo prisma e ser finalmente refractada sobre uma parede distante. Então rodem lentamente o primeiro prisma, de modo a que diferentes cores incidam na segunda tábua. Ver-se-á que o ângulo através do qual cada raio de luz é desviado pelo prisma é o mesmo que aquele através do qual ele é desviado pelo segundo.

Se cada raio fosse cuidadosamente separado o prisma não mudaria a cor do raio. O problema é que era muito difícil, na época, ter prismas de boa qualidade.

Estas instruções não correspondiam aos pormenores de tudo o que fizera em Cambridge. Não referia as dimensões dos buracos nem indicavam que o prisma deva ser colocado a um desvio mínimo nem sobre o tipo de prisma. A este propósito mais tarde se queixam os membros da Academia Real de Paris, dizendo que não conseguiam arranjar prismas que se comportassem como Newton dissera. O autor continuava a afirmar à Royal Society que havia fornecido detalhes suficientes para “aqueles que sabem examinar se uma cor é simples ou composta” e que as suas afirmações podiam ser provadas por experiências que são demasiado longas para serem descritas³⁶.

O primeiro adversário da teoria a manifestar-se foi o padre Pardies, jesuíta e professor em Paris. Este dirigindo-se a Oldenburg, e invocando o facto de também ser um experimentador em óptica rebate a experiência crucial do seguinte modo³⁷:

Primeiro, o orifício no segundo quadro não é manifestamente pequeno para deixar passar uma única cor (...)
Segundo, não admira, portanto, que se obtenham raios refractados com ângulos diferentes (...)

Mas o padre Pardies não era o único adversário...

³⁵ De acordo com Shaffer (1999:422)

³⁶ De acordo com Shaffer (1999:422)

³⁷ Citado por Fitas (1995:60)

Na época Hooke era o maior especialista em óptica e vidro. Experimentou sucessivamente, debatendo com Newton até levar os seus ensaios a Aroundel House. Aí mostrou à Royal Society como é que funcionava a experiência crucial: quando os raios de luz se separavam em cores, a refração produzida pelo segundo prisma não mudava essas cores. Hooke replicou ainda que, não obstante essa constatação não acreditava que isso demonstrasse a verdade de Newton, pois considerava que a luz era um conjunto de vibrações e não um conjunto de partículas. “Gostaria de encontrar uma experiência crucial do senhor Newton que me fizesse abandonar a minha hipótese” (sublinhado nosso) terá afirmado³⁸.

A controvérsia ter-se-á arrastado durante a vida de Hooke e só depois da sua morte, em 1703, Newton consente, enfim, em publicar o conjunto das suas pesquisas sobre a luz, Optics, cuja capa é representada na figura 16, e terá, mais tarde, respondido ao desafio colocado.

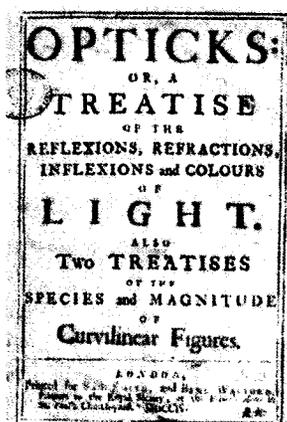


Figura 16. Imagem da capa de Optics, apresentada por Blay, 2001:8.

Revelam-se assim as dificuldades de Newton em convencer a comunidade científica.

As cores já estão na luz? A luz pura, homogênea da Idade Média é afinal uma mistura?

Colocar um prisma à frente da luz produzindo cores é suficiente para aceitar essa ideia?

Não.

É aqui que a História é preciosa, ela evidencia a concretização do pensamento lógico e ajuda-nos a entender que o “mito” da neutralidade da interrogação da natureza, que Newton quer

³⁸ No dizer de Schaffer (1999:423)

impor, não decorre naturalmente. Newton só terá chegado a estas ideias por se colocar numa perspectiva corpuscular da luz. Ora ele tentou esconder este seu salto imaginativo colocando toda a ênfase no método utilizado.

Não podemos aqui seguir todas as controvérsias que então se despoletaram, mostrando que as novas ideias de Newton não eram nada evidentes. Newton pretendia colocar o dispositivo experimental a “falar por si próprio”. O poder da experiência crucial não é dado, é conquistado e a sua conquista está ligada a outro poder³⁹.

Já em 1715, era Newton um Cavaleiro do Reino, de autoridade científica inquestionável quando o seu colaborador Desaguliers preparou todo o aparato para demonstrar como é que as experiências ópticas de Newton deviam ser realizadas, perante holandeses e franceses.

Desaguliers, na posse de todas as instruções detalhadas pela leitura da publicação *Optics* sabia como fazer para que tudo decorresse convenientemente. As próprias testemunhas faziam parte de um conjunto de “apoiantes” de Newton, entre os quais Gravesand. As testemunhas terão então presenciado o seguinte: através de um buraco de duas polegadas na janela, a luz do sol incidia num espelho, a partir do qual era reflectida através de um minúsculo buraco numa tábua até uma lente de vidro muito fino, que focava a luz para um prisma próximo para projectar um espectro, com uma altura quarenta vezes maior que a largura, numa folha de papel. O buraco, também pequeno, deixava passar a extremidade vermelha que não mudava de cor, qualquer que fosse a posição de observação através de um segundo prisma.

Enquanto fazia a demonstração Desaguliers reforçava que seguia as instruções das experiências de Newton cinquenta anos antes, podendo qualquer pessoa segui-las. Assim, terá sido necessário espalhar os prismas ingleses, tal como se espalhou a doutrina newtoniana, tendo ficado, pois, convencidos os franceses⁴⁰.

E estavam criadas as condições para que, durante o século XVIII a autoridade de Newton na Europa quase não fosse posta em causa.

Acrescente-se que nos parece, todavia, que raramente uma descoberta tenha o carácter historicamente pontual da descoberta de um facto, dado que, na maior parte das vezes ela é fruto

³⁹ M. Valente, na comunicação apresentada ao 1º Congresso Luso-Brasileiro de História da Ciência e da Técnica.

⁴⁰ em especial, tal como terá afirmado Voltaire, de acordo com Schaffer (1999:425):

Os nossos prismas servem apenas para divertir as crianças ou para dependurar como decoração na janela, não são úteis para filósofos” enquanto que “os prismas ingleses devem ser considerados sagrados

das circunstâncias, preparada por avanços e retrocessos para os quais muitos contribuem. Tal como terá afirmado Newton: “*Só consegui ver mais além porque subi aos ombros de gigantes*”

Refira-se ainda que, ao mesmo tempo que Descartes se interessa pelo arco-íris e Newton se interessa pela luz e pela explicação do arco-íris, estão os pintores a interessar-se pela introdução do arco-íris na pintura de paisagens, com tal entusiasmo que havia mesmo quem afirmasse: “*com o prisma de Newton podemos aceder a mais uma harmonia importante da natureza*”⁴¹

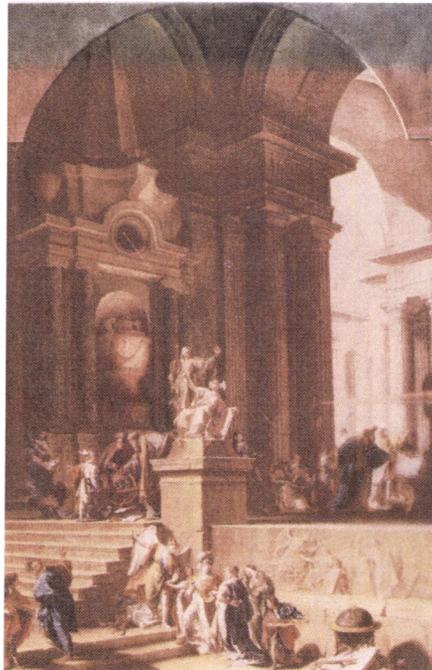


Figura 17. Pintura de J.B. Pittoni. Alegoria a Newton.

Apresentada em Les Cahiers de Science et Vie, 1995:

As sete cores que Newton vê no arco-íris decorrem, como ele próprio afirma, de uma analogia com a escala musical. Não admira que os pintores tenham aderido com tanto entusiasmo a

⁴¹ Expressão usada habitualmente por M. Valente.

esta ideia. “É como se pudessem dispor também de uma escala de cores, chave para o desenvolvimento de uma ideia de harmonia”⁴².

Com este acompanhar da “origem das cores” e da “experiência crucial” de Newton, que continua ainda a interessar os filósofos da ciência, conseguimos exibir não só o “hard work” como “hard thought” e “creative imagination” necessários para que uma nova ideia floresça, tal como nos refere Nancy Cartwright (1999:86) e sublinham Martins e Silva (2001:279), citando Lohne:

Newton’s idea that light is not simple but a mixture of all colours is not intuitive. It did not arise at once in his mind, but evolved slowly from his intensive work. The main point was to find out whether colours can be transformed and created or not. This is the central aim of Newton’s Experimentum Crucis.

⁴² Expressão utilizada por M. Valente.

Reflexão final

A conjuntura, a nível mundial, mudou drasticamente nas últimas décadas tendo-se agravado os desequilíbrios globais e regionais e os problemas ambientais cuja resolução é premente. Para compreender e agir neste cenário complicado é necessária uma cultura científica para um verdadeiro exercício da cidadania.

As finalidades da educação em ciências e, conseqüentemente, os currículos deverão corresponder à nova situação, contribuindo para a responsabilização de cada indivíduo perante a sociedade e face ao ambiente. No nosso país, com a implementação da Gestão Flexível do Currículo, esperar-se-á, provavelmente, uma atitude investigativa dos professores e de todos os intervenientes do sistema educativo, para uma intervenção que possa dar resposta aos desafios que se colocam. Com efeito, a criatividade, o “gesto” reflexivo, a capacidade de questionar serão dimensões essenciais para a vida. Desenvolvê-las implica ter assimilado essas dimensões através de uma investigação relevante para o professor.

Los docentes, [são] constructores directos del acto educativo [e] a gran diversificación y extensión del hecho educativo lleva consigo una multitud de implicaciones pedagógico-didácticas y sociales.

Cohen e Manion, 1990: 11

Com um ensino voltado essencialmente para a “mecanização” de vocabulário e de exercícios e à apresentação de factos, teorias e leis, pouca atenção se dá ao valor do conhecimento, aos problemas que lhe deram origem, à forma como os cientistas constroem conhecimento e à forma como a ciência se inscreve na cultura.

No dizer de Holton (1993), referido por Neto (1999), o que tal educação consegue, desse modo, ministrar

...são apenas os ladrilhos da estrutura científica. Os estudantes que vão prosseguir estudos científicos mais avançados até pode acontecer que consigam construir algo com eles; os outros ficam apenas com os ladrilhos. Acabam, eventualmente por construir o seu edifício educacional noutra lugar e com outros materiais.

Se, como diz Bruner (1998) o professor funciona como elo de ligação entre o “mundo da ciência” e o dos alunos, influenciando a imagem que dela o aluno vai construindo, julgamos pertinente que se intente reorganizar o ensino das ciências começando pela formação de professores, incluindo a sensibilização para a formação contínua, formação essa que implica uma mudança/transformação também contínua. No dizer de Cachapuz (1995:379):

Aos professores de Ciências (e não só) devem ser dados meios de formação que os encoraje a tornarem-se mais conscientes das suas próprias práticas e preparados para as mudarem se necessário.

Assim, numa perspectiva de formação permanente, em que é necessário conjugar o tempo da formação e o tempo da acção, de acordo com o pensamento de Nóvoa (1988), preconizamos a autoformação, assumindo-se o professor como “um ser em mudança” e assumindo, cada vez mais o “formar-se”, numa perspectiva de reflexão, de criatividade e de investigação.

Como concretizar e alimentar esta autoformação no campo da educação científica?

Neste trabalho mostrámos uma possibilidade de investigar que poderá ser esse alimento permanente da autoformação.

Por estarmos convictos que a epistemologia pode constituir um referencial importante no ensino com preocupações reflexivas, dando importância à História das Ciências para a compreensão da natureza da ciência, entendemos, na senda da investigação em ensino das ciências, e da física em particular, que a História das Ciências precisa de ter um lugar nos programas escolares e ser incluída nas práticas. Com o nosso trabalho:

- mostrámos a necessidade de mais investigação, fazendo a ligação da didáctica das ciências com a História das Ciências;
- perspectivámos a formação contínua através da autoformação com recurso substancial à História e Filosofia das Ciências;
- mostrámos como poderemos alterar a relação com o conhecimento;

- mostrámos como incorporar qualidades de investigação que terão efeito sobre as práticas de trabalho e de ensino, fazendo o tempo da investigação convergir no tempo da acção.

Sabemos, no entanto, que estudos ligados a esta área, como os referidos por Costa e Cardoso (1998) ou Carvalho (2000) indicam a precária utilização da História e Filosofia das Ciências pelos professores. Não é fácil fazê-lo, já que para isso é necessário elaborar conhecimento com base em investigações que utilizem a História e Filosofia das Ciências. Com efeito, os materiais históricos e o conhecimento produzido no âmbito da História e da Filosofia das Ciências não podem ser utilizados directamente nas práticas educativas. Há uma elaboração necessária que deverá responder ao questionamento desenvolvido, é um trabalho lento, reflexivo e criativo.

Importa que o professor se assuma como um investigador/innovador da sua própria prática lectiva segundo uma postura reflexiva. Consideramos que um professor com preparação em História das Ciências está em melhores condições de desenvolver estratégias e propôr actividades não apenas de mudança conceptual mas, de verdadeiramente interessar os alunos pela vivência de situações capazes de ajudar a desenvolver o gosto pelas ciências, suscitando a compreensão dos problemas que se colocaram ao longo dos séculos, ajudando a construir conhecimento científico.

Neste contexto, o desenvolvimento das aulas adquire dimensões que, até aí, estavam, ou pareciam estar, ausentes. Trata-se, pois, de os professores mudarem as suas próprias concepções sobre a ciência e sobre a compreensão de problemas científicos mais vastos, que englobam questões mais amplas como as políticas, sociais, culturais, etc. que enquadram as mudanças científicas (e mesmo as rupturas paradigmáticas).

Foi com este sentir que dirigimos a nossa atenção para uma temática em especial fixando-nos na “Luz” por estarmos convictos, como afirmámos anteriormente, que constitui uma oportunidade de introdução de novos desenvolvimentos. Influenciados por alguns pensadores que

introduzem a aprendizagem como a criação de um estado de afectividade e de sensibilidade, envolvendo todos os sentidos, encaramos o ensino da Luz como potenciador destes desenvolvimentos, reafirmando “*o carácter cultural do acto e do processo educativo*”⁴³.

Partimos do princípio que um dado conceito não existe nem tem significado isoladamente, mas antes está incluído numa rede conceptual e problemática, que pode estender-se a outras áreas.

O gosto pela ciência, e pelo conhecimento em geral, poderá ser desenvolvido se nos apaixonarmos pelos problemas em questão, como diria Popper. Foi o que tentámos fazer com o desenvolvimento da narrativa.

A experiência crucial de Newton está na base do método experimental e de muitos “mitos” sobre ele. O nosso percurso foi no sentido de evidenciar como

(...) experiments are designed with intense care and precision. They take hard work and hard thought and enormous creative imagination.

Nancy Cartwright (1999:86)

Só a História das Ciências nos permitirá exhibir a presença de “*hard thought*” e “*enormous creative imagination*” no desenvolvimento de algumas experiências, como é o caso da experiência crucial de Newton.

Naturalmente que a construção do conhecimento científico pelos cientistas não pode ser replicada durante o processo de ensino-aprendizagem das Ciências. Não significa, no entanto, que esse mesmo ensino não tenha que ser organizado de forma a incutir nos alunos, quer uma participação mais efectiva, quer uma melhor compreensão das vicissitudes por que passa o conhecimento científico na sua construção.

⁴³ Expressão que Manuel Patrício utilizava nas aulas.

Quando utilizámos a narrativa com os nossos alunos do 8ºano obtivemos da parte destes comentários como:

As aulas foram agradáveis e houve bastante entusiasmo. Todas as aulas deviam ser como estas.

Gosto mais quando a professora conta histórias, como estas do senhor Newton, a aula passa mais depressa.

Tocou-nos especialmente:

Gosto das aulas em que a professora dá a matéria contando histórias.

Para outros alunos, esta experiência serviu para reconhecerem que a construção do conhecimento científico é uma tarefa complexa:

Depois de eu ter visto o que se passou com o senhor Newton comecei a pensar que fazer ciência não é uma coisa fácil.

Surgem também impressões sobre o papel da observação:

Eu pensava que os cientistas descobriam o que há na natureza, analisando o que se observa e observando muitas vezes.

Algumas analogias a outro nível foram também sugeridas:

Durante as discussões nas aulas às vezes não sabíamos se as nossas opiniões estavam certas ou erradas. Se calhar quando os cientistas discutiam estas questões, há muito tempo, eles também não tinham a certeza.

Em suma, com a construção e a utilização da narrativa encontrámos metodologias de concretização do pensamento reflexivo, tanto para o professor como para o aluno. As “evidências” que povoam alguns manuais escolares serão pontos de partida para novos estudos.

O desenvolvimento deste trabalho capacitou-nos com instrumentos metodológicos para o desenvolvimento continuado de investigação. A História e Filosofia das Ciências constituem fontes importantes para a elaboração de respostas ao questionamento que emerge no âmbito da educação científica, nomeadamente ao questionamento que procura evidenciar o sentido e o

significado do conhecimento científico produzido e que procura, como nós tentámos fazer, evidenciar o lugar da imaginação no desenvolvimento do conhecimento científico.

Podemos, assim, proporcionar aos alunos objectos de reflexão que desafiem e estimulem as potencialidades imaginativas que utilizarão nos seus modos de pensar (Egan, 1994).

Bibliografia

- Afonso, A. S. e Leite, L. (1999). O Som e a Audição: uma área que faz vibrar os professores? *Gazeta de Física*. 22 (4), 10-12.
- Afonso, A. S. e Leite, L. (2000). Concepções de futuros professores de Ciências Físico Químicas sobre a utilização de actividades laboratoriais. *Revista Portuguesa de Educação*. 13 (1), 185-208.
- Alarcão, I. (1996). Ser professor reflexivo. In Isabel Alarcão (org), *Formação reflexiva de professores*. Porto: Porto Editora.
- Alarcão, I. e Moreira, M. A. (1997). A investigação-acção como estratégia de formação inicial de professores reflexivos. In I. Sá-Chaves, *Percursos de formação e desenvolvimento profissional*. Porto: Porto Editora
- Almeida, J. L. P. e Thomaz, M.F. (2000). *A componente de História da Ciência no ensino da Física: sugestões dos programas actuais e concepções e praticas de professores*. Comunicação apresentada à 12ª Conferência Nacional de Física, Figueira da Foz, Livro de Resumos, 51-52.
- Artiles, Rosa M. G. (2002). *Algunas investigaciones en torno al uso de los libros de texto en las aulas*. Disponível em : <http://www.ull.es/publicaciones/tecinfedu/MtC1.htm>
- Authier, M. (1996). A refração e o “esquecimento” cartesiano. In Michel Serres (org.). *Elementos de Historia das Ciências*. Lisboa: Edições Terramar. (1ª edição publicada em Francês em 1989)
- Bennett, J. (1999). O estatuto dos instrumentos científicos. In Fernando Gil (org.). *A ciência tal qual se faz*. Lisboa: Edições João Sá da Costa.
- Bevilacqua, F. e Giannetto, E. (1996), The History of Physics and European Physics Education. *Science and Education* 5, 235-246
- Bidarra, M. G. (1994). *Estudo dos processos sociocognitivos e análise das práticas de formação*. Tese de doutoramento não publicada. Universidade de Coimbra: Faculdade de Psicologia e Ciências da Educação, Coimbra.
- Blanco, A. e Prieto, T. (1996) Algunas cuestiones sobre la comprensión de la Química desde la perspectiva de las ideas de los alumnos. In *Investigación en la Escuela*, nº28, 68-78.
- Blay, M. (2001). La lumière selon Newton. In *Les Cahiers de Science & Vie*, 65, 4-12.
- Blay, M. (2001). Dans le tourbillon des couleurs. In *Les Cahiers de Science & Vie*, 66, 53-56.
- Bogdon, R. e Biklen, S. (1994). *Investigação qualitativa em educação – uma introdução à teoria e aos métodos*. Porto: Porto Editora. (Trabalho original em Inglês, publicado em 1991).

- Borralho, A. (1990). *Aspectos Metacognitivos na Resolução de Problemas de Matemática. Proposta de um programa de intervenção*. Tese de Mestrado. Lisboa: Edição da Associação de Professores de Matemática.
- Bruner, J. (1996). *The Culture of Education*. London: Harvard University Press
- Bruner, J. (1998). *O Processo da Educação*. Lisboa: Edições 70
- Bruner, J. (2000). *Cultura da Educação*. Lisboa: Edições 70
- Bruner, J. S. (1989). *Acción, pensamiento y lenguaje*. Madrid: Alianza Editorial.
- Cachapuz, A. F. (1995) O ensino das ciências para a excelência da aprendizagem. In Adalberto Dias de Carvalho (org). *Novas Metodologias em Educação*, Porto: Porto Editora.
- Cachapuz, A., Praia, J. Jorge, M. (2000). Reflexão em torno do ensino das ciências: contributos para uma nova orientação curricular – ensino por pesquisa. *Revista de Educação*. IX (1).
- Canário, R. (1993). O professor e a produção de inovações. *Colóquio Educação e Sociedade*, 4, 97-121.
- Canavarro, J. M. (1999). *Ciência e Sociedade*. Coimbra: Quarteto Editora
- Carita, A. e Fernandes, G. (1997). *Indisciplina na sala de aula. Como prevenir? Como remediar?* Lisboa. Editorial Presença
- Carpentier, L. (1995). La longue vie d'un enfant condamné. *Les Cahiers de Science & Vie*, 13, 6-15
- Carvalho, A. M. P. (2000). *O Currículo de Física: Inovações e Tendências nos anos noventa*. Disponível em: <http://www.if.ufrgs.br/public/ensino/N1/1artigo.htm>
- Carvalho, R. (1995). *A Física no Dia-a-Dia*. Lisboa: Relógio D'Água Editores
- Cavaleiro, N. e Beleza, M. D. (1999) *No Mundo da Física*. Edições ASA
- Cerezo, J. A. L. (1999) Ciencia, Tecnologia y Sociedad: el estado de la cuestión en Europa y Estados Unidos. *Revista Iberoamericana de Educación* nº 18.
- Chadeau, E. (1995). L'air du temps. *Les Cahiers de Science & Vie*, 13, 29-32
- Cohen, L. e Manion, L. (1990). *Métodos de Investigação Educativa*. Madrid: Editorial la Muralla, S.A. (Trabalho original em Inglês publicado em 1989).
- Cohen, B. e Westfall, R. (1995). *Newton*. New York: Norton critical edition.

- Costa, N. e Cardoso, A. (1998). O recurso à História da Física como estratégia facilitadora da modificação das concepções dos alunos: um estudo de sala de aula para o tópico queda de corpos graves (9ºano de escolaridade). *Educare Educere*. Ano IV, nº5, 17-29
- Dascal, M. (1999) A polémica na ciência. In Fernando Gil (org.). *A ciência tal qual se faz*. Lisboa: Edições João Sá da Costa.
- Daston, L. (1999). As imagens da objectividade: a fotografia e o mapa. In Fernando Gil (org.). *A ciência tal qual se faz*. Lisboa: Edições João Sá da Costa.
- Dawkins, R. (1998). *Decompondo o arco-íris*. Lisboa: Gradiva.
- Egan, K. (1994). *O uso da narrativa como técnica de ensino*. Lisboa: Publicações Dom Quixote (Trabalho original em Inglês publicado em 1986)
- Esteves, M. M. (2002). *A investigação enquanto estratégia de formação de professores*. Lisboa: Instituto de Inovação Educacional.
- Estrela, A. (1994). *Teoria e prática da observação de classes*. Porto: Porto Editora.
- Estrela, M.T. (1994). *Relação Pedagógica, Disciplina e Indisciplina*. Porto: Porto Editora.
- Fernandes, M. (1999). *CFQ 8ºano*. Lisboa: Lisboa Editora.
- Fernandez, I., Gil, D., Carrascosa, J., Cachapuz, A., Praia, J. (2002). Visiones deformadas de la ciência transmitidas por la enseñanza. *Enseñanza de las Ciencias* 20 (3), 47- .
- Ferreira, A., Matos, I., Matos, J. (1996). *Física passo a passo*. Lisboa: Editorial O Livro.
- Figueiredo, T.T. e Mateus, V. (1999). *Eureka! Física C.F.Q. 8ºano*. Lisboa: Texto Editora.
- Fiolhais C. (1997). Educação Científica: os males e os remédios. *Jornal Público*, 5 de Outubro.
- Fiolhais, C. (2000), “Cem Anos de Física Quântica”, *Jornal Público*, de 14 de Dezembro.
- Fiolhais, C. et al (1999). *Física 8*. Lisboa: Gradiva
- Fitas, A. (1995). Algumas considerações sobre a óptica de Newton, a controvérsia em torno da experimentum crucis. In *Seminário sobre Newton*. Évora: Universidade de Évora.
- Franklin, A.(1999). Os papéis da experiência. In Fernando Gil (org.). *A ciência tal qual se faz*. Lisboa: Edições João Sá da Costa.
- Gagliardi, R. (1988). Los conceptos estructurales en el aprendizaje por investigación. *Enseñanza de las Ciencias*, 4 (1), 30-35.

- Galvão, C. (2002). Todos queremos um ensino das ciências melhor. In *Boletim da Sociedade Portuguesa de Química*, 84.
- Gibert, A. (1983). *Origens Históricas da Física Moderna*. Lisboa: Fundação Calouste Gulbenkian
- Gil, F. (1999). A ciência tal qual se faz e o problema da objectividade. In Fernando Gil (org.). *A ciência tal qual se faz*. Lisboa: Edições João Sá da Costa.
- Graça, M.M. da Silva (1996). *Avaliação da resolução de problemas: Contributo para o estudo das relações entre as concepções e as práticas pedagógicas dos professores*. Dissertação de Mestrado em Ciências da Educação. F.P.C.E. Lisboa: Edição da Associação de Professores de Matemática.
- Guesne, E. (1985). Light. In Driver, R. Et al. *Children's ideas in science*. Milton Keynes: Open University Press.
- Holton, G. (1998). *Science en gloire, science en procès*. Paris: Ed. Gallimard.
- Huberman, M. A. e Miles, M. B. (1991). *Analyse des donnés qualitative – Recueil de nouvelles méthodes*. Bruxelles: De Boeck-Wesmael, S.A.
- Kubli, F. (2001). Can the Theory of Narratives Help Science Teachers be Better Storytellers? In F. Bevilacqua et al. (eds.), *Science Education and Culture*, 179-183.
- Lalanda, M. C. (1996). O conceito de reflexão em J. Dewey. In Isabel Alarcão (org.). *Formação reflexiva de professores*. Porto: Porto Editora.
- Leite, L. (2000). *O trabalho laboratorial no ensino da Física: alguns desafios*. Comunicação apresentada à 12ª Conferência Nacional de Física, Figueira da Foz, Livro de Resumos, 27-28.
- Leite, L. (2002). History of Science in Science Education: Development and Validation of a Checklist for Analyzing the Historical Content of Science Textbooks. *Science & Education* 11, 333-359.
- Lessard-Hébert, M., Goyette, G. e Boutin, G. (1994). *Investigação qualitativa: fundamentos e práticas*. Lisboa: Instituto Piaget.
- Livro Branco da Física e da Química (2002). Sociedade Portuguesa de Física e Sociedade Portuguesa de Química.
- Lombardi, O. I. (1997). La pertinencia de la historia en la enseñanza de ciencias: argumentos y contra argumentos. *Enseñanza de las ciencias* 15 (3) 343-349.
- Lopes, (1994). *Resolução de Problemas em Física e Química*. Lisboa: Texto Editora.

- Machado, C. (1996). *Tornar-se professor – da idealização à realidade*. Tese de doutoramento não publicada. Universidade de Évora, Évora.
- Machado, C. (1998), Textos de apoio às sessões do Curso de Mestrado em Educação (Supervisão Pedagógica).
- Martins, I. P. (2000). *Literacia científica e compreensão pública da ciência*. Comunicação apresentada à 12ª Conferência Nacional de Física, Figueira da Foz, Livro de Resumos, 32-33.
- Martins, M.A. (1999). Nova Física 8. Areal Editores
- Martins, R.A. e Silva, C.C. (2001). Newton and Colour: the Complex Interplay of Theory and Experiment. In Bevilacqua, Giannetto e Matthews (Eds). *Science Education and Culture*. Dordrecht: kluwer Academic Publishers
- Mathews, M. (1994). *Science teaching: the role of history and philosophy of science*. London: Routledge.
- Meichtry, Y. J. (1999). The Nature of Science and Scientific Knowledge: Implications for a Preservice elementary Methods Course. *Science & Education* 8: 273-286.
- Maury, J. (1995). Après Newton, une gloire écrasante. In *Les Cahiers de Science & Vie*, 13, 68-77
- Morais, A. M. et al (1999), *Química e Física*. Porto: Porto Editora
- Neto, A. J. (1998). *Resolução de problemas em Física*. Lisboa: I.I.E.
- Neto, A. J. (1999). Educação, Ciência e Cidadania. *Diário do Sul*, 13 de Dezembro.
- Neto, A. J. (sem data). *Diversidade e cooperação metodológica: um imperativo na investigação educacional*. Projecto Dianoia. Lisboa.
- Neto, A.J. (1998). Textos de apoio às sessões do curso de Mestrado em Educação (Supervisão Pedagógica)
- Not, L. e Bru, M. (1995). Noções de método, sistema e modelo em didáctica: referências para a organização da variabilidade das condições de aprendizagem. In Adalberto Dias de Carvalho (org). *Novas Metodologias em Educação*. Porto: Porto Editora.
- Nóvoa, A. (1988). A formação tem de passar por aqui: as histórias de vida no projecto Prosalus. In *O método (auto) biográfico e a formação*. Org. Nóvoa, A e Finger, M. Lisboa: Ministério da Saúde.
- Oliveira, L. (1997). A acção-investigação e o desenvolvimento profissional dos professores. Um estudo no âmbito da formação contínua. In I. Sá-Chaves (org). *Percursos de formação e desenvolvimento profissional*. Porto: Porto Editora.

- Pacheco, J. A. (1995). *O pensamento e a acção do professor*. Porto: Porto Editora.
- Pacheco, J.A. e Flores, M.A. (1999). *Formação e Avaliação de Professores*. Porto: Porto Editora.
- Paixão, M.F. e Cachapuz, A. (1998). Valorização da História da Ciência no Ensino da Física e Química: reflexões em torno das propostas do currículo do 8ºano de escolaridade sobre o tema “Conservação da massa nas reacções químicas”. *Educare Educere*. Ano IV, nº5, 31-47.
- Patrício, M. F. (1995) A questão metodológica à luz da Escola Cultural. In. Adalberto Dias de Carvalho (org). *Novas Metodologias em Educação*. Porto: Porto Editora.
- Patrício. M. F. (1993). *A Escola Cultural – horizonte decisivo da reforma educativa*. Lisboa: Texto Editora.
- Pedrinacci, E. (1994). Epistemología, historia de las ciencias y abejas. *Investigación en la Escuela*, 23, 95-101.
- Pedrinaci, E. (1999). Algunas aportaciones de la epistemología y la historia de la ciencia a la enseñanza de las ciencias. In Vitor Manuel Trindade (org.), *Metodologias do Ensino das Ciências – Investigação e Prática dos Professores*. Évora: Universidade de Évora.
- Peña, T. e Deus, J. D. (2000). Ciência grande para gente pequena. *Gazeta de Física*, 23 (3).
- Perrenaud, P. (1993). O Papel de uma Iniciação à Investigação na Formação de Base dos Professores. In Perrenaud, *Práticas Pedagógicas, Profissão Docente e Formação-perspectivas sociológicas*. Lisboa: Publicação D. Quixote.
- Ramalho, A.J. (2002). *Elaboração, proposta e validação de um instrumento para selecção dos manuais escolares de Física e Química para o ensino básico*. Dissertação de Mestrado em Educação não publicada. Universidade de Évora, Évora.
- Richardeau, F. (1986). *Conception et production des manuels scolaires*. Gembloux: UNESCO.
- Roldán, R. R. (2000). *Deficiencias en la enseñanza de la física clásica*. 12ª Conferência Nacional de Física, Figueira da Foz, Livro de Resumos, 36-37.
- Sá-Chaves (1993). *Supervisão, uma prática reflexiva de formação de professores*. Rio Tinto: Edições ASA
- Salema, M.H. e Afonso, S. (2001). Aprender ciências através da compreensão de textos. *Revista de Educação*. X (2).
- Santos, B.S. (1987). *Um discurso sobre as ciencias*. Porto: Edições Afrontamento.
- Santos, M. E. (1991). *Mudança conceptual na sala de aula – um desafio pedagógico*. Lisboa: Livros Horizonte.

- Santos, M. E. (1999). *Desafios Pedagógicos para o século XXI*. Lisboa: Livros Horizonte.
- Santos, M. E. (2001). *A Cidadania na “Voz” dos Manuais Escolares*. Lisboa: Livros Horizonte.
- Schaffer, S. (1999). As instituições científicas: a geografia histórica dos laboratórios. In Fernando Gil (org.). *A ciência tal qual se faz*. Lisboa: Edições João Sá da Costa.
- Sequeira, M. e Leite, L. (1988). A História da Ciência no Ensino-Aprendizagem das Ciências. *Revista Portuguesa de Educação*, 1(2), 29-40.
- Serres, M (1996). Paris 1800. In Michel Serres (org.). *Elementos de Historia das Ciências*. Lisboa: Edições Terramar. (1ª edição publicada em Francês em 1989)
- Shapin, S. (1999). *A Revolução Científica*. Algés: DIFEL. (Trabalho original em Inglês publicado em 1996).
- Solbes, J. e Traver, M. (2001). Resultados obtenidos introduciendo historia de la ciencia en las clases de física y química: mejora de la imagen de la ciencia y desarrollo de actitudes positivas. *Enseñanza de las ciencias* 19 (1), 151-162.
- Solbes, J. e Traver, M. J. (1996). La utilización de la historia de las ciencias en la enseñanza de la Física y la Química. *Enseñanza de las Ciencias* 14 (1) 13-112
- Stengers, I. (1983). Quelle histoire pour les sciences? In *Histoire des Sciences et Psychogenèse*. Cahiers de la Fondation Archives Jean Piaget, 4, 49–74.
- Stengers, I. (1996). Os casos Galileu. In Michel Serres (org.). *Elementos de Historia das Ciências*. Lisboa: Edições Terramar. (1ª edição publicada em Francês em 1989)
- Thomaz, M. F. (1987). Uma perspectiva construtivista para o ensino da Física. I – “Psicologia da Construção Pessoal” de George Kelly. *Gazeta de Física*, 10 (4), 121 – 128.
- Valadares, J. (1999). A ideologia nos manuais escolares. In *Manuais Escolares, estatuto, funções, história*. Org. Rui Vieira de Castro et al. Instituto de Educação e Psicologia. Universidade do Minho.
- Valente, M. J. P. (1993). *A Pedagogia do Conceito de Energia – contributo para a utilização formativa do conceito de energia*. Tese de mestrado não publicada. Universidade de Lisboa. Lisboa.
- Valente, M. J. P. (1999). *Uma leitura pedagógica da construção histórica do conceito de energia*. Tese de doutoramento não publicada. Universidade de Lisboa, Lisboa.
- Valente, M. J. P. (2000). Comunicação apresentada ao 1º Congresso Luso Brasileiro da Ciência e da Técnica.
- Valente, M. O. (1997). O trabalho de laboratório: limites e possibilidades. Uma perspectiva histórica. *Gazeta de Física*, 20 (1), 33-39.

- Verlet, L. (1993). *La Malle de Newton*. Paris : Éditions Gallimard.
- Vicentini, M. (1999). Reflexions on practical work in Science Education? In *Practical Work in Science Education – 20 contributions to the conference ‘The face of science in schools’* – Royal Danish school of Educational Studies: Copenhagen, 9-17.
- Vicentini, M. (2000). *About the nature of science from a didactical point of view*. Comunicação apresentada à 12ª Conferência Nacional de Física, Figueira da Foz, Livro de Resumos, 39.
- Vilches, A e Furió, C. (1999). *Ciencia, Tecnologia, Sociedad: implicaciones en la Educación Científica para el siglo XXI*. Disponível em: <Http://www.campus-oei.org/cts/ctseducacin.htm>
- Viñas, J.C. e Lozano, M.T. (1994). Trabajos prácticos para la construcción de conceptos: experiencias y experimentos ilustrativos. *Alambique* .Didáctica de las Ciencias Experimentales nº 2, 21-26.
- Vygotsky, L. S. (1982). *La imaginación y el arte en la infancia*. Madrid: Akal editor.
- Vygotsky, L.S. (1987). *Pensamento e Linguagem*. S. Paulo: Fontes Editores. (Tradução do inglês)
- Wang, H. A. e Marsh, D.D. (2002). Science Instruction with a Humanistic Twist. Teachers’ Perception and Practice in Using the History of Science in their Classrooms. *Science & Education* 11, 169-189.
- Wellington, J. (2000). *Teaching and learning secondary science*. London: Routledge.
- Zeichner, K. (1993). *A formação reflexiva de professores: Ideias e práticas*. Lisboa: Educa

Anexos

A experiência vivida com o terceiro ano

Optou-se pela observação participante para aceder à realidade educativa numa tentativa de captar como é que os alunos actuam e “sentir” a própria realidade. O instrumento principal de observação, nesta opção, é o próprio investigador que tenta compreender o “mundo social” do interior, recolhendo dados acerca das vivências, que não seriam acessíveis a um observador exterior. Na opinião de Lessard-Hébert et al (1994:155) a observação participante é, portanto, *“uma técnica de investigação qualitativa adequada ao investigador que deseja compreender um meio social que, à partida, lhe é estranho ou exterior e que lhe vai permitir integrar-se”*.

Algumas vantagens da observação participante são referidas por Bailey, citado por Cohen e Manion (1990: 168), entre as quais a de que

el investigador puede desarrollar una relación íntima e informal con aquellos a quienes está observando, generalmente en ambientes más naturales que aquellos en que se desarrollan las encuestas y experimentos.

Tentámos a aceitação do grupo de modo que a nossa presença surgisse o mais natural possível. Ao princípio era nossa intenção que a participação fosse passiva, relativamente ao desenrolar da estratégia, tentando registar o maior número de dados durante o período em que a mesma decorresse. Tal não foi, no entanto, possível já que as crianças acabaram por envolver-nos quase desde o início, tornando-se a nossa participação em activa e intensiva, não sentindo que a nossa presença fosse de algum modo uma imposição.

Era nossa intenção inserir-nos na turma tentando evitar as perturbações que pudessem advir da nossa mera presença, limitando ao mínimo a nossa ingerência e assistindo, de modo a proceder ao máximo de registos. Já que a nossa presença foi facilmente aceite pelos alunos envolvendo-nos em todas as actividades, a nossa postura teve, necessariamente que sofrer

alterações. Assim, a nossa observação tornou-se mais uma “life experience”, podendo apenas anotar, à posteriori, algumas intervenções dos alunos que fixamos com mais facilidade, tendo-nos escapado muitas outras. Recorremos aos registos escritos de dados da observação, recusando qualquer gravação ou filmagem, por considerarmos que a presença destes elementos poderia alterar as condições tornando a situação muito artificial. Registámos também algumas impressões após a reflexão feita com a professora titular da turma. Aqui optámos não por uma entrevista mais ou menos estruturada, mas por uma reflexão conjunta, com um carácter menos formal, permitindo-nos pensar um pouco em todas as vivências proporcionadas.

O ponto de partida dos alunos do 8ºano

A construção do nosso questionário

Na concepção do questionário utilizado neste estudo junto dos alunos do 8ºano de escolaridade, a iniciar o seu percurso formal de aprendizagem de Física, foram tidos em consideração alguns requisitos essenciais a esta técnica de recolha de dados: as instruções para o preenchimento, a linguagem, o conteúdo e a estrutura do questionário.

Para não alongar a duração das respostas e tentar evitar uma recusa ao seu preenchimento tentámos encontrar a melhor forma de concretizar o questionário. Os inquiridos foram, deste modo, convidados a responder expressando a sua opinião para cada uma das questões.

Em relação à parte inicial foi solicitada aos alunos uma resposta sobre qual a disciplina de que mais gostam e qual o motivo por que tal acontece.

Seguidamente introduzimos um pedido de comentário sobre a Física, em particular, e outro sobre a Ciência, em geral, que visaram o levantamento de algumas concepções sobre a natureza da ciência, ao que se seguem mais dois itens acerca da imagem do cientista. Pretendendo afunilar a temática, dirigindo-a ao nosso alvo privilegiado, procurámos ter uma ideia do conhecimento dos nossos alunos acerca de Newton. Enveredamos depois por itens relacionados com a natureza da luz tentando aperceber-nos das concepções de partida para este grupo.

O conteúdo das questões foi, naturalmente, reflexo das leituras efectuadas sobre os temas a questionar, partindo-se do princípio que os alunos envolvidos na investigação possuem ideias próprias relacionadas com os aspectos que nos interessam.

O questionário inicialmente elaborado foi avaliado e testado (com cinco alunos do 8ºano não pertencentes à turma alvo da experiência) antes de ser entregue aos respondentes, de modo a podermos avaliar da dificuldade em responder, da adequação das questões, da sua organização e da linguagem utilizada.

Apesar de termos consciência que as questões integradas num questionário devem ser validadas por um painel de especialistas, neste caso especialistas em educação, não cumprimos o preceito por não constituir, ele próprio, o fulcro do nosso trabalho. Assim o questionário foi apenas alvo da atenção de três professoras de Física, no sentido de opinarem acerca dos aspectos mais relacionados com o conteúdo, embora algumas críticas e sugestões tivessem sido aproveitadas, como é o caso de alguns aspectos relacionados com a linguagem, o posicionamento das questões, a estrutura e a extensão do questionário.

Após a revisão do questionário, procedeu-se ainda a uma aplicação do mesmo, tendo, para isso, o questionário sido entregue a cinco alunos do 8ºano, de uma outra turma, considerando conveniente não utilizar, neste estudo piloto, futuros respondentes da amostra a estudar. Após as avaliações, revisões e testagem de campo, resultou a versão final do questionário que se apresenta.

Sublinhe-se que este questionário se destinava a uma avaliação do ponto de partida dos alunos da turma alvo da experiência, a turma A do 8ºano da Escola Básica Integrada de Pias. Conscientes de que não iríamos proceder a um levantamento exaustivo das ideias prévias dos alunos, nem fazer generalizações, utilizamos como público-alvo a totalidade dos alunos da turma (dezoito).

As questões que incluímos, pretendendo o levantamento de algumas ideias acerca da natureza da ciência, tinham como base algumas leituras e algumas posturas dos alunos, manifestadas em sala de aula. Estamos conscientes que os extractos de textos incluídos poderão fazer pouco sentido mas eles são extraídos de manuais escolares, podendo, assim, ser representativos dos discursos com que os nossos alunos são confrontados.

Com os dois itens seguintes pretende-se, como já afirmámos, indagar qual a imagem do cientista e, eventualmente, de onde provêm as ideias mais fortes para a construção dessa imagem.

As questões sobre Newton decorrem, muito naturalmente do nosso interesse por esta personagem, em particular, já que não concebemos o estudo da luz sem a estreita relação com as suas posturas, as suas ideias e o poder da sua imaginação.

Lendo alguns posicionamentos de referência acerca das concepções alternativas encontramos não só os escritos de Rosalín Driver, mas os de Guesne, onde se referenciam estudos feitos acerca das concepções sobre a natureza da luz e dos fenómenos a ela associados, realizados com alunos da mesma faixa etária daqueles com quem pretendíamos trabalhar estes conteúdos. Assim, decidimos incluir no nosso questionário dois itens que nos pudessem, eventualmente, ajudar a caracterizar as concepções de partida.

Para terminar, e já que o “mistério” do arco-íris desde os primórdios da humanidade terá maravilhado e intrigado os observadores, tendo sido fonte de inspiração, pretendemos também avaliar o eco que faz nos nossos alunos.

Questionário

- Qual a disciplina de que mais gostas? _____
Porquê? _____

- Num livro de texto do 8º ano encontramos a seguinte afirmação
“A Física é uma das Ciências da Natureza e nasceu da curiosidade humana, que existe desde os tempos mais remotos”.
Se fosses tu a escrever uma frase sobre a Física o que escreverias?

- De um outro livro retiramos as seguintes partes
“... como cientistas que são, têm um método próprio:
... observam um fenómeno ... → formulam hipóteses para explicar o
que observam → pensam e realizam experiências ...
E se fosses tu a escrever, como dirias que aparece a ciência?

- Como é que tu imaginas um cientista? _____

- Qualquer jovem pode vir a ser um cientista? _____
Porquê? _____

- Considera as seguintes personalidades
Aristóteles Galileu Descartes Newton Marie Curie Einstein
De entre elas escolhe a que
Conheces melhor _____
Conheces pior _____
Te é mais simpática _____
Explica-nos porquê _____

Te é menos simpática _____
Explica-nos porquê _____

- Independentemente da opinião que possas ter sobre as personalidades anteriores, estamos interessados em saber o que pensas sobre um deles: Isaac Newton.
Em que século terá vivido Newton? _____

Dos eventos que se seguem assinala qual ou quais deve(m) ser atribuído(s) a Newton:

Invenção da televisão

Estabelecimento da teoria da gravitação universal

Estabelecimento da teoria da relatividade

Estabelecimento das leis do movimento

Invenção da máquina a vapor

Invenção da penicilina

Invenção do gerador eléctrico

Estudo da decomposição da luz

Não sei

- A propósito de luz, imagina que um foco está apontado para uma porta, em direcção à fechadura. Na porta vê-se uma mancha de luz branca.

Assinala com X onde pensas que há luz.

No foco

Na porta

No foco e na porta

No foco, na porta e entre o foco e a porta

Para o outro lado da porta

Explica a tua resposta _____

- Dois colegas estão a discutir o fenómeno da visão

André : Explica-me como podes ver o livro.

Flávio : Vão sinais entre os olhos e o cérebro, através dos nervos.

André : Concordo, mas há uma distancia entre o livro e os olhos. Acontece alguma coisa entre eles?

E tu, que resposta davas? (Explica, desenhando, se possível)

- Para terminar pedimos-te que através de um desenho tentes representar o arco-íris ou que escrevas um pouco sobre ele.

As impressões resultantes do questionário

POEMA DE SER NATURAL

(excerto)

Tranquilamente o Sol penetra no meu quarto.
 Mas porque não havia o Sol de penetrar,
 no meu quarto,
 se o caminho está livre e nada se lhe opõe?
 Estranho seria que o Sol atravessasse
 As paredes de pedra e de cimento
 do meu quarto
 mas se o Sol atravessasse as paredes de pedra e de
 [cimento do meu quarto,
 já não seria estranho,
 seria simplesmente natural.

António Gedeão

Através da análise dos dados provenientes dos questionários começámos por constatar qual ou quais a(s) a(s) preferência(s) manifestada(s) pelos alunos relativamente às diferentes disciplinas

Quadro 1 – Preferências dos alunos em relação às disciplinas

Categoria: Disciplina preferida	Número de alunos
Ciências Naturais	7
Ciências Físico Químicas	4
Matemática	3
Educação Visual	3
Língua Portuguesa	2
História	2
Educação Física	1
Inglês	1

Referem-se neste quadro mais escolhas que alunos devido ao facto de alguns manifestarem dificuldade na decisão e apontarem duas disciplinas ao mesmo nível. A razão mais apontada pelos inquiridos para a preferência prende-se com o gostar do professor ou dos temas tratados. Estas razões são apontadas concretamente pelos alunos que manifestam preferência pelas Ciências Físico Químicas:

(...) porque gosto de aprender sobre o Universo.

(...) porque adoro os professores e gosto da matéria dessas disciplinas.

Sobre a Física os alunos escreveram incidindo sobre a origem, um pouco na sequência da afirmação constante naquele item:

(...) nasceu da necessidade que o homem tem de evoluir.

(...) tendo nascido para explicar coisas que não tinham explicação antes.

Ou sobre o objecto de estudo:

(...) estuda fenómenos a que todos assistimos, mas, na maioria das vezes ignoramos por parecerem tão banais.

Já acerca da natureza da ciência os alunos parecem ter mais dificuldades em expressar as suas ideias, o que é manifestado por quatro questionários sem resposta a este item, seis questionários cujos autores repetem os passos por nós referidos como etapas de um determinado método, sem que consigamos perceber se o fazem por mera transcrição, se por ausência de qualquer concepção, ou se, convictamente, concebem o “aparecimento” da ciência como obedecendo a um método próprio, com um único caminho, uniforme, linear e sequencial:

A ciência aparece se nós realizarmos todos os cuidados (...)

Simultaneamente, afirmações deste tipo conduzem-nos a entender “o” processo de trabalho dos cientistas como sendo a actividade laboratorial, associando sistematicamente ciência com experimentação, na mesma linha dos resultados obtidos por Santos (1999) e por Solbes e Traver (1996). Reforça a ideia do trabalho científico como “descobrimento” e não como criação. Parece ressaltar que os alunos se inclinam para pensar que existe uma realidade científica objectiva e que os conceitos não-de obedecer a essa realidade prévia.

Por outro lado, entendemos a transcrição do excerto por estarmos convictos de que o mesmo pouco significado terá para esta faixa etária.

Em alguns casos as opções aparecem definidas pondo uma ênfase especial na curiosidade:

A ciência aparece da curiosidade dos humanos (...)

A ciência apareceu da curiosidade humana, com o objectivo de descobrir (...)

Curiosa é, no nosso entender, uma das respostas:

(...) é uma arte que vai aparecendo e desenvolvendo-se através do empenho e do estudo dos cientistas...

Esta ideia de arte para a ciência toca-nos por introduzir aqui uma visão diferente, deixando de lado o utilitarismo, o comum e deixando de lado o “frio e seco” dos factos e dos dados e valorizando o esforço. Ou, as respostas de dois questionários que se referem à imaginação:

“Aparece da imaginação e de factos”

parecendo pretender ligar o abstracto e o concreto, a criatividade e o trabalho de observação. Se, por um lado parece querer ressaltar aqui algo mais que o fazer e o demonstrar, valorizando as ideias, por outro surgem os factos, mas com que sentido? No sentido de caminhar dos factos para as ideias? No sentido de acentuar o mito referido por Santos (1999) considerando os factos como “dados” e como pontos de partida únicos para a elaboração de ideias?

Ou será que esta identificação tende a valorizar os modelos mentais para explicar o mundo e as construções mentais do homem, como modelos interpretativos, onde sobressaem a imaginação, a reflexão e a criatividade?

A imagem do cientista

Ao analisar os dados provenientes dos questionários, deparamos com dois aspectos que nos ajudaram na sua sistematização. Os questionados têm, do cientista, uma imagem de alguém que

deve dar à ciência os seus atributos profissionais e ser portador, simultaneamente, de um conjunto de predicados físicos e psicológicos facilitador. Um cientista deve, portanto, ser portador de qualidades pessoais, consideradas fundamentais para o bom desempenho da profissão, tal como se indica no quadro 2.

Quadro 2 -Qualidades atribuídas pelos alunos aos cientistas

Subcategoria	Conteúdo dos indicadores	Frequência
Qualidades pessoais	Curioso	6
	Inteligente	4
	Ambicioso	2
	Persistente	2
	Sábio	1
	Incrédulo	1
	Paciente	1
	Trabalhador	1
	Dedicado	1
	Sério	1
	Solitário	1
	Observador	1

Os qualificativos de curioso e inteligente figuram como as qualidades pessoais relativamente mais valorizadas, algo ilustrado nas seguintes citações:

(...) uma pessoa curiosa, que não acredita nas coisas que lhe dizem sem as provar primeiro.

(...) muito curioso e que quer chegar sempre mais além.

(...) alguém muito inteligente, que está sempre à procura de explicação para tudo.

(...) uma pessoa inteligente, paciente e dedicada.

Estes aspectos reforçam-nos a ideia de que a ciência, para estes alunos, consiste em descobrir uma realidade prévia à qual os conceitos obedecerão, daí a necessidade de curiosidade por o trabalho científico consistir mais em descoberta do que em criatividade e reflexão.

Reflectindo um pouco acerca dos qualificativos atribuídos aos cientistas reparamos que

todos correspondem a grandes qualidades pessoais não sendo apontados quaisquer “defeitos”, o que é sublinhado por uma das respostas:

(...) uma pessoa que tenta descobrir algo novo para o bem da humanidade, (...)

Não estará aqui a sobressair a ideia de que o cientista é um génio exemplar e único, alheado da comunidade onde se insere e da própria “humanidade”?

A construção destas imagens parece-nos, pois, associar-se a um certo culto de determinadas personalidades isoladas, não se admitindo sequer que, como pessoas, possam errar, corrigir os seus próprios erros, ter dúvidas ou interpretações diferentes de um mesmo problema. Este tipo de imagens coincide com a encontrada por estudiosos como Solbes e Traver (1996) e Meichtry (1999). Note-se também que três dos inquiridos respondem sem manifestar qualquer estereótipo:

“... um homem igual aos outros somente ligado às ciências”, “um homem igual aos outros” ou “um homem igual aos outros que apenas ama a ciência”.

Quadro 3 – Componentes físicas da imagem do cientista

Subcategoria	Conteúdo dos indicadores	Frequência
Atributos físicos	Velho	2
	De cabelo branco ou cinzento	2
	Com barba	2
	Com “aspecto de maluco”	2
	Forte ou gordo	1
	Com cabeça grande	1

De notar que apenas uma resposta apresenta a referência ao sexo feminino, na mesma linha de resultados de Solbes e Traver (2001), parecendo imaginar um cientista como

“um homem ou mulher que sabe tudo...”,

enquanto que quatro referem a ‘um homem’, e outros dois referem como característica ter barba.

Simultaneamente são referidos os acessórios que complementam o aspecto.

Quadro 4 – Acessórios que compõem a imagem do cientista

Subcategoria	Conteúdo dos indicadores	Frequência
Acessórios	Bata branca	5
	Óculos	4
	Luvras	2
	Muito material	2
	Cartão com o nome	1

Em alguns casos aparece-nos a justificação da origem da imagem formada

Por filmes e por alguns livros a imagem que eu tenho de um cientista é (...)

Imaginando um cientista com tais características, dos dezoito alunos questionados nove não admitem que qualquer jovem possa vir a ser um cientista. O motivo alegado por alguns tem a ver precisamente com as características físicas e psicológicas

*... há pessoas que não têm perfil para cientistas...
... nem toda a gente tem vontade de descobrir os enigmas...
... tem que ter muita curiosidade...*

ou com as preferências

*...nem todos os jovens gostam de ciência.
...poderá um amante de direito ser cientista?
...nem todos querem ter a mesma profissão...*

havendo um que alega “*nem todos têm meios, financeiros e outros, para o serem*”

Por outro lado os argumentos favoráveis limitam-se praticamente à necessidade de estudar.

Tentando diagnosticar o grau de familiarização com Newton, que tanto poderia ser proveniente da leccionação da unidade “Nós e o Universo” como efeito da “escola paralela”, criámos a categoria Personalidade, através da qual obtivemos os seguintes resultados, constantes no quadro 5

Quadro 5 – Grau de conhecimento de cada uma das personalidades indicadas

Subcategoria: Grau de conhecimento	Conhece melhor	Conhece pior
Aristóteles	1	
Galileu	12	
Descartes		2
Newton	1	
Marie Curie		9
Einstein	4	7

Das conversas subsequentes pudemos apurar que a referência a Aristóteles é proveniente da disciplina de História, enquanto que as referências a Galileu se devem, em grande parte às abordagens feitas nas disciplinas de Ciências Físico Químicas, a propósito do modelo heliocêntrico, e de Ciências Naturais, a propósito do modelo heliocêntrico e do método experimental.

Refira-se que as abordagens ao modelo heliocêntrico e à sua defesa por Galileu, nas aulas de Ciências Físico Químicas, partiram da narrativa como estratégia principal, tendo como pano de fundo as grandes transformações da época a nível da sociedade e da forma de interpretar o mundo. Acreditamos, face às indicações dos alunos que esta breve utilização da narrativa possa ter tido efeitos benéficos.

Salienta-se a fraca referência a Newton, o que será compreensível por esta personalidade aparecer aos alunos quase exclusivamente através da Física.

Será de ter em conta que, na disciplina de C.F.Q. haviam sido feitas abordagens a Newton e à Lei da Gravitação Universal, aquando da leccionação da unidade “Nós e o Universo”. Apesar disso, surge numa única referência como melhor conhecido. Refira-se que estas abordagens foram concretizadas de uma forma mais “tradicional”.

As indicações de Einstein como personalidade melhor conhecida devem-se, segundo apurámos, essencialmente, à visualização de imagens em livros, revistas e filmes, fora da escola. Curiosamente Einstein é uma das personalidades menos conhecidas, para o grupo de respondentes, mas que não deixa de ser referida e, curiosamente, não é apontada por nenhum respondente como de menor simpatia, o que reforça ainda mais a ideia de que as referências se devem à imagem formada por influência de uma certa divulgação por parte dos média. As referências obtidas vão na mesma linha de resultados obtidos por Solbes e Traver (1996) através da aplicação de um questionário onde, num item de resposta aberta, se solicitava a indicação de nomes de cientistas melhor conhecidos.

Quadro 6 – Maior simpatia vs menor simpatia manifestada por cada uma das personalidades indicadas

Subcategoria: Grau de simpatia	Simpatiza mais	Simpatiza menos
Aristóteles	2	4
Galileu	5	
Descartes	1	3
Newton	1	3
Marie Curie	2	5
Einstein	5	

A não simpatia por Newton não é justificada Apenas um dos inquiridos refere não ter gostado dos conteúdos associados a esta personalidade. Aqui surge um alerta para o que parece verificar-se com alguma frequência na escolaridade em Física e que consiste na associação de uma personalidade, introduzida apenas por esta via, a um conjunto de conhecimentos difíceis.

A fraca adesão a esta personalidade, não parece prender-se nem com características próprias, nem dos seus comportamentos, nem da sua obra científica, ficando, praticamente, pela indiferença.

Acrescentemos ainda, que sete respondentes associam correctamente Newton aos séculos em que viveu, enquanto três não respondem. Do mesmo modo, em relação ao conhecimento declarado, nove dos dezoito alunos associam Newton ao estabelecimento da teoria da gravitação universal e oito, simultâneamente, às leis do movimento. No questionário aplicado por Solbes e Traver (1996), já referido, a maioria dos alunos respondentes não acerta na relação entre as personalidades e os trabalhos científicos em que se distinguiram.

Aparecem doze associações ao estudo da decomposição da luz, que nos pareceram um tanto curiosas. Questionando os alunos directamente acerca destas associações, apercebemo-nos que havia sido referida a contribuição de Newton, ao nível da cor, na disciplina de Educação Visual, mas que, também nesta disciplina, as referências ao cientista, haviam sido pobres.

Enveredando pela temática da luz e do seu comportamento procuramos ainda ter algumas ideias acerca das concepções de partida dos nossos alunos.

Parece-nos importante ter em conta que estes alunos não tiveram nenhum ensinamento sistemático sobre a luz, o que não significa, necessariamente, que não manifestem ideias e interpretações associadas à temática. As respostas obtidas são bastante diversificadas tendo servido, neste caso, mais para nos permitir adaptar estratégias que possam ser interpretadas mais facilmente pelos alunos no sentido que pretendemos, tendo, no entanto, a noção de que temos a turma como um todo perante nós e que nem sempre é realista prestar atenção às noções de cada um. Comparando as opções assinaladas relativamente à questão “Onde há luz?” e analisando as explicações apontadas verificamos que um número significativo de alunos identifica a luz com a sua fonte:

*A luz está no foco, na porta apenas existe a reflexão dessa mesma luz.
(...) há luz no foco porque é daí que está a sair.
(...) porque o foco tem luz ...*

*(...) porque o foco é que está a provocar luz.
(...) a luz aparece no foco, por isso está no foco.*

na mesma linha das investigações referidas por Guesne (Driver et al, 1992).

Aparece-nos, também, a identificação da luz com o seu efeito, referindo-se as zonas iluminadas.

*... na porta ...
... a luz bate na porta ...*

Por outro lado a noção de luz como uma entidade no espaço, não sendo bem explicada, parece estar presente em alguns dos inquiridos:

*Como podia haver luz no foco e na porta e não haver entre eles?
A luz passa o buracinho da fechadura*

Alguns parecem querer também ressaltar a ideia de propagação rectilínea da luz:...
aparece no foco e vai dirigindo-se até à porta.

E como concebem eles a visão?

Alguns dos inquiridos (quatro) explicam a visão como dependente do cérebro, atribuindo-lhes um papel activo, cuja explicação não entendemos bem a não ser porque se fala no cérebro na questão colocada. Outros atribuem esse papel activo ao olho, chegando mesmo um deles a esquematizar uma espécie de raios a dirigirem-se do olho a um livro e do livro novamente ao olho.

Alguns respondentes não parecem pensar em nenhum mediador entre o olho e o objecto, chegando mesmo a afirmar:

(...) se houvesse alguma coisa entre os olhos e o livro não víamos o livro.

como se o livro fosse algo a propagar-se em direcção ao olho.

Outros imaginam a luz inundando o ambiente, isto é, servindo para iluminar os objectos e o meio que os rodeia.

Na maior parte dos questionários aparecem esquemas com uma imagem invertida ou dentro do olho ou esquematizada sem o olho. De onde vem a ideia?

Confrontados com a situação não souberam explicar nem a formação da imagem invertida nem o significado das duas linhas que se cruzam, podendo ser transmitida por afirmações de algum aluno repetente. Estas respostas servem, entretanto para nos apercebermos do ponto de partida dos alunos para a introdução dos temas, incluindo as imagens virtuais, tendo em conta que não é de modo nenhum evidente a ideia de que a luz se desloca dos objectos ao olho nem tão pouco que se desloca em linha recta. As respostas dadas pelos nossos alunos não parecem diferir muito das encontradas em diversos estudos por Guesne (1985: 31) que refere em conclusão que lhe parece que os alunos passam sucessivamente da *“assimilation light=source, effect or state” to the conception of light as an entity in space* “. Nesta linha de pensamento a maioria dos alunos por volta dos 10-11 anos terá a primeira concepção, no entanto aos 13-14 anos a maior parte inclina-se para a segunda, ainda que esta passagem não seja automática”.

No que se refere à representação do arco-íris surgem esquemas bastante diversificados, conforme o quadro 7.

Quadro 7 – Representação do arco-íris

Categoria: número de cores	Número de alunos
Quatro cores	3
Cinco cores	3
Seis cores	1
Sete cores	6
Oito cores	2

(...) é uma coisa que aparece do nada

(...) quando chove e faz sol ao mesmo tempo o resultado é que a luz passa pelas gotículas de água gerando cores

mais três alunos colocam a chuva na sua representação.

Em jeito de conclusão

Da análise dos questionários respondidos pelos nossos alunos parecem poder retirar-se algumas ilações, sendo a principal que os alunos envolvidos neste pequeno estudo possuem visões deformadas da ciência. Assim, os alunos parecem ter uma visão de ciência caracterizada essencialmente por:

- considerarem a ciência como um conjunto de “descobertas” e não como construção de conhecimentos.
- considerarem que os conhecimentos científicos se formam por indução, a partir directamente dos “dados puros”, isto é, das observações e da experimentação.
- considerarem a ciência como um conjunto de conhecimentos linear e cumulativo, existindo uma realidade prévia objectiva à qual os conceitos obedecem.
- identificarem a ciência com o fruto do trabalho de génios isolados e não como uma actividade colectiva
- identificarem o empreendimento da ciência como actividade essencialmente masculina.
- ignorarem o papel dos problemas no desenvolvimento da ciência, especialmente os que deram origem a alguns desenvolvimentos importantes.
- alhearem a ciência de qualquer contexto (histórico, social, etc.).

Sublinhemos que esta imagem de ciência e da sua natureza está de acordo com outros estudos, nomeadamente os realizados por Santos (1991 e 1999) e por Solbes e Traver (1996), e com as referências encontradas na literatura analisada por Fernandez et al (2002).