

UMA ANÁLISE DO CURRÍCULO DA ESCOLARIDADE BÁSICA NA PERSPECTIVA DA EDUCAÇÃO EM CIÊNCIAS

Autoras: Isabel P. Martins e Mª Luísa Veiga

ISBN: 972-9353-76-6

Edição: Instituto de Inovação Educacional, 1999.

INTRODUÇÃO	1
DIMENSÕES DE ANÁLISE DE PROGRAMAS NA PERSPECTIVA DA EDUCAÇÃO EM CIÊNCIAS	5
ÂMBITO DO ESTUDO.....	5
EXPLICITAÇÃO DAS DIMENSÕES DE ANÁLISE SELECIONADAS.....	6
Conteúdos de Ciências.....	8
Concepções Alternativas.....	11
Perspectiva Ciência - Tecnologia - Sociedade.....	13
Resolução de Problemas.....	15
Trabalho Prático.....	17
ANÁLISE DOS PROGRAMAS SEGUNDO A DIMENSÃO “CONTEÚDOS DE CIÊNCIAS”	21
PRINCÍPIOS DA ANÁLISE.....	21
OPERACIONALIZAÇÃO DA ANÁLISE.....	23
ANÁLISE DOS PROGRAMAS SEGUNDO AS DIMENSÕES “CONCEPÇÕES ALTERNATIVAS”, “PERSPECTIVA CTS”, “RESOLUÇÃO DE PROBLEMAS” E “TRABALHO PRÁTICO”	52
PROGRAMA DE "ESTUDO DO MEIO" (1º CEB).....	52
PROGRAMAS DE "CIÊNCIAS DA NATUREZA" (2º CEB) E "CIÊNCIAS NATURAIS" (3º CEB).....	55
PROGRAMAS DE "EDUCAÇÃO VISUAL E TECNOLÓGICA" (2º CEB) E "EDUCAÇÃO TECNOLÓGICA" (3º CEB).....	59
PROGRAMAS DE "CIÊNCIAS FÍSICO-QUÍMICAS" (3º CEB).....	59
REFLEXÃO SOBRE OS RESULTADOS DA ANÁLISE DOS PROGRAMAS	63
PROGRAMA DE EDUCAÇÃO PRÉ-ESCOLAR.....	64
PROGRAMA DE ESTUDO DO MEIO (1º CEB).....	66
PROGRAMA DE CIÊNCIAS DA NATUREZA (2º CEB).....	67
PROGRAMAS DE CIÊNCIAS (3º CEB).....	70
Ciências Naturais.....	70
Ciências Físico-Químicas.....	72
OUTROS PROGRAMAS.....	75
CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	75
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS (Citadas e Recomendadas)	83

INTRODUÇÃO

O presente estudo insere-se no ciclo de Seminários que o Instituto de Inovação Educacional (IIE) organizou, durante o ano lectivo de 1996/97, sobre *Investigação e Revisão Participada dos Currículos*, com o fim de potenciar o contributo da investigação para o processo da revisão curricular em curso.

Foi com este enquadramento que decorreu, na Universidade de Aveiro, em Novembro de 1996, o 2º Seminário desse ciclo, intitulado *Conteúdos de Ciências no Currículo da Educação Básica*.¹

O ponto de partida para o Seminário foi um conjunto de documentos de análise de tais conteúdos, produzido por sete professores - investigadores que leccionam nos 1º, 2º e 3º Ciclos do Ensino Básico e frequentavam o Mestrado em Supervisão na Universidade de Aveiro.

Para participar neste Seminário foram convidados cerca de sessenta professores dos Ensinos Básico, Secundário e Superior que desenvolvem investigação no domínio da Educação em Ciências, com o fim de apreciarem os documentos produzidos pelo grupo de trabalho. Este processo revestiu a forma de discussão em grupos por disciplinas/áreas e ciclos (*Conhecimento do Mundo* na Educação Pré-Escolar; *Estudo do Meio* no 1º CEB; *Ciências da Natureza* no 2º CEB; *Educação Visual e Tecnológica* no 2º CEB; *Ciências Físico - Químicas* no 3º CEB; *Ciências Naturais e Geografia* no 3º CEB; *Educação Tecnológica* no 3º CEB), seguido de discussão plenária intergrupos.

Cada grupo de trabalho teve um dinamizador, a quem previamente foram dados a conhecer os documentos em análise e a quem foi solicitada a tarefa de relatar, por escrito, as críticas e propostas de alteração, extensão e aprofundamento que o respectivo grupo entendesse como pertinentes.²

Tendo por base os documentos iniciais e o produto das contribuições proporcionadas pelo Seminário, as autoras procederam à reformulação e reorganização julgadas adequadas, do que resultou o presente trabalho.

Descrita a metodologia adoptada, necessário se torna explicitar as razões que suportam a importância atribuída à temática em apreciação.

Embora conscientes de que o sucesso das aprendizagens depende de múltiplos factores, a que a investigação vai dando relevâncias diferenciadas consoante a formação e interesses dos grupos de investigadores, é o sistema formal de ensino que define o enquadramento dessas aprendizagens, ao preconizar objectivos a alcançar através dos programas das disciplinas que integram o(s) currículo(s).

Não é propósito deste estudo analisar os fundamentos e a organização do(s) currículo(s) em vigor, mas tão só identificar a formação científica que os programas estabelecem para a escolaridade básica.

Não sendo linear que eles determinem o que, de facto, os alunos aprendem na escola, os programas são instrumentos definidores, por excelência, da política educativa. Neles é suposto basearem-se os autores dos manuais escolares (onde aparece muitas vezes a nota impressa “de acordo com o programa em vigor”) e com eles tem a ver a preocupação manifestada pelos professores quanto,

1 Agradece-se ao IIE o financiamento concedido a esta iniciativa, que teve a colaboração da Secção de Educação em Ciências da Sociedade Portuguesa de Ciências da Educação.

2 Agradece-se a colaboração de todos os intervenientes e, em especial, dos dinamizadores/relatores: Fernando Costa, Filomena Teixeira, João Praia, Manuel Miguéns, Manuela Jorge, Natália Cruz, Nilza Costa.

por exemplo, à necessidade ou impossibilidade de cumprimento do(s) programa(s) da(s) disciplina(s) que leccionam.

Explicitada a intenção deste estudo, julga-se pertinente clarificar, desde já, a posição de referência assumida pelas autoras no que respeita quer à importância da Educação em Ciências para todos na sua formação global, quer ao papel da escola quanto à forma de a desenvolver ao longo da escolaridade básica.

As sociedades contemporâneas encontram-se indissolúvelmente ligadas ao desenvolvimento científico-tecnológico e o conhecimento constitui hoje a maior valia social, por oposição a situações de um passado ainda recente, onde a riqueza de um país era apreciada pelo montante dos seus recursos naturais. Apesar de não estar em causa, neste momento, aprofundar a discussão em torno do trinómio Ciência/Tecnologia/Desenvolvimento nas suas relações de causa e efeito, é frequentemente associado um maior nível económico das sociedades a um índice de conhecimento científico-tecnológico superior. Assim, as sociedades de maior poder económico são aquelas que mais desenvolvidas se encontram do ponto de vista científico ou, segundo a perspectiva inversa, por estarem mais avançadas científica e tecnologicamente, maior desenvolvimento económico apresentam.

Esta relação entre evolução da sociedade e evolução da própria Ciência (e da Tecnologia) tem vindo a acentuar-se desde o nascimento da Ciência moderna, no século XVII, a tal ponto que pode afirmar-se ser a actividade científica uma das principais características que distingue a era actual dos séculos anteriores (Rutherford e Ahlgren, 1990). A Ciência e a Tecnologia são, assim, parte da nossa cultura. No entanto, importa salientar que o desenvolvimento científico-tecnológico não é linear, nem é independente dos valores sociais e éticos dominantes em cada momento. Por outras palavras, o desenvolvimento científico influencia a sociedade e sofre, necessariamente, influências desta.

Não pretendendo assumir a visão científica do mundo como a única possível, nem como a mais nobre, importa destacar alguns argumentos a favor da importância do conhecimento científico-tecnológico:

- a Ciência esclarece as múltiplas relações dos seres vivos entre si e com a Natureza, orientando para uma intervenção da Tecnologia que respeite esta Natureza;
- a Ciência fornece as bases que permitem avaliar os efeitos da Tecnologia no ambiente;
- a Ciência pode ajudar a resolver problemas locais e globais e, deste modo, contribuir para a segurança do Planeta;
- a Tecnologia fornece ferramentas capazes de gerarem, interligadamente com a Ciência, novos conhecimentos;
- os processos próprios do pensamento científico ajudam na elaboração de juízos sobre situações do quotidiano;
- a Ciência e a Tecnologia podem contribuir para a melhoria da qualidade de vida.

É neste quadro que se coloca a questão da importância de haver uma compreensão pública de Ciência que permita a todos os indivíduos:

- usar conhecimento científico básico para tomar decisões individuais e sociais;
- conhecer, valorizar e usar a tecnologia na sua vida pessoal;
- reconhecer as vantagens e as limitações da Ciência e da Tecnologia;

— adquirir os saberes (competências, atitudes e valores) que lhe permitam adaptar-se às mudanças inevitáveis, a maioria delas imprevisíveis.

A consciência crescente sobre o reconhecimento da importância de uma dimensão científica no leque de saberes que fazem de cada indivíduo um ser informado e educado tem levado, em todo o mundo, à proliferação de propostas visando a sua promoção. No entanto, o modo como os diferentes grupos (por vezes constituindo-se em escolas de pensamento) põem em prática tais ideias tem sido variado, reflectindo-se as diferenças até nas designações escolhidas. Entre as mais usadas destacam-se “ciência para todos”, “alfabetização científica”, “cultura científica” e “literacia científica”.

Independentemente das implicações práticas ao nível das orientações a seguir nas diferentes perspectivas, pode dizer-se que todas partilham uma preocupação central: cada indivíduo deve dispor de um conjunto de saberes do domínio científico-tecnológico que lhe permita compreender os fenómenos do mundo em que se insere, deve acompanhar as questões decorrentes da actividade científico-tecnológica com implicações sociais e deve tomar decisões democráticas de modo informado.

Do que foi dito, pode facilmente depreender-se que a ideia de literacia científica e as discussões em torno da sua necessidade levantam o problema, ainda não resolvido, do estabelecimento dos limites do que deve ser aprendido na escola para que tal meta vá conseguindo ser real, adequada e útil.

Não será demais voltar a recordar que, numa democracia, a resposta a esta questão se vai socialmente determinando, em vez de definitivamente se estabelecer teórica e academicamente.

Que a escola terá sempre que veicular um corpo de conhecimentos socialmente válidos, que a escola terá que proporcionar alguma compreensão do processo e natureza da Ciência, que a escola terá que favorecer o desenvolvimento de uma atitude científica, são aspectos raros e dificilmente contestados. Mas não será que a escola deve também, e muito acentuadamente, preocupar-se em contribuir para que os alunos tomem consciência do interesse dessa atitude científica na valoração dos problemas do quotidiano que antecede os seus comportamentos individuais, sociais e políticos, quer estes respeitem a ideias, informações e decisões, quer a juízos sobre os mesmos?

Pode continuar a perguntar-se, por exemplo, no sentido de saber como promover práticas de sala de aula consentâneas com tais intenções ou ainda no sentido de perceber como levar a cabo tal objectivo com os conteúdos dos programas em vigor e com o mosaico quadriculado de disciplinas e horas que traduzem a organização do ensino.

A lista de perguntas não terminaria se questionássemos que conhecimentos científicos têm os professores no quadro de intenções considerado, que recursos são disponibilizados, que concepções sobre a natureza da Ciência e da actividade científica são veiculadas pelos professores em sala de aula, que compreensão estes têm sobre o modo como os alunos aprendem Ciências.

Porque são muitas as forças contraditórias entre o sistema e cada uma das suas partes; porque o poder político nem sempre legitima, na prática, as intenções que teoricamente defende; porque não existe uma tradição investigativa que anime e influencie as práticas e as mudanças; porque é fácil descortinar, em muitos documentos legais, a incidência em tónicas falaciosamente utilitaristas, como sejam a necessidade de os alunos saírem da escola “bem preparados”, de “dominarem os conteúdos dos programas”, de se “desenvolverem pessoal e socialmente”; não é fácil (será possível?) definir com clareza e com fronteiras bem delineadas o papel do professor na relação, já por si tão complexa, entre a Educação em Ciências e o ensino formal.

Consideramos, porém, que a Educação em Ciências para todos na escola deve ser um dos pontos de partida para atingir a alfabetização científica, o que está a tornar-se, cada vez mais, um requisito para a vida do ser humano. Mas, a este propósito, a nossa escola está em crise. Uma leitura, ainda que sumária, dos programas em vigor na escolaridade básica, deixa perceber que estes estão longe de permitir essa alfabetização, ora porque não reflectem a relação entre os avanços da Ciência e Tecnologia e os seus efeitos nas nossas vidas, ora porque não têm em conta as ideias prévias dos alunos sobre questões científicas básicas, ora ainda porque parecem destinar-se prioritariamente a alunos que virão a prosseguir estudos ou a seguir cursos no domínio das Ciências.

Bastará, então, mudar a escola?

Não é nossa intenção subestimar a extraordinária importância da escolarização, com os meios técnicos, humanos e ideológicos de que dispõe, mas reforçamos aqui a convicção de que formar na escola será sempre só um contributo, de inegável necessidade e valor, para preparar as crianças e os jovens no sentido de conscientemente interpretarem e até alterarem algumas das relações invertidas que a sociedade nos oferece.

Nas funções que atribuímos à escola está implícita a de preparar para aprendizagens e a de as promover, mas jamais a de resumir a educação escolar, nomeadamente a científica, a uma apropriação de saberes por parte dos alunos. A construção de conhecimento, que é naturalmente um dos alvos da Educação em Ciências na escolaridade básica, tem que ser assumida pela escola como meio para atingir algo de mais valioso que a mera aquisição do mesmo.

O conjunto de ideias explicitadas constituiu o referencial enquadrador do estudo que agora se torna público, organizado, para esse fim, em quatro capítulos, a seguir apresentados sumariamente.

No primeiro capítulo descrevem-se e fundamentam-se as dimensões de análise de programas de Educação em Ciências tidas como adequadas para a escolaridade básica.

O segundo capítulo apresenta o instrumento construído para efeitos de análise de uma das dimensões — *Conteúdos de Ciências*, bem como o resultado da sua aplicação aos programas referidos.

O terceiro capítulo analisa as orientações desses mesmos programas quanto a outras dimensões — *Concepções Alternativas, Perspectiva CTS, Resolução de Problemas e Trabalho Prático*.

O quarto capítulo põe em evidência continuidades e discontinuidades dos conteúdos, na dupla perspectiva “intra” e “inter” ciclos e comenta a importância atribuída nos programas a esta dimensão.

Procurámos, ao tornar pública esta análise, dar um contributo para uma das actuais linhas de desenvolvimento do IIE — Investigação e Revisão Participada dos Currículos — e, assim, contribuir para uma reflexão que deve ser aprofundada por quem venha a ter a seu cargo a reformulação dos programas em vigor no domínio da Educação em Ciências na escolaridade básica.

Cremos que também aos professores podem ser úteis alguns dos resultados aqui apresentados, já que proporcionam uma visão vertical e transversal dos programas, permitindo-lhes interpretar melhor muitas das dificuldades evidenciadas pelos seus alunos e (quem sabe!) compreender o desinteresse de tantos pelas Ciências.

Janeiro 1998

As Autoras

Isabel P. Martins

(Departamento de Didáctica e Tecnologia
Educativa da Universidade de Aveiro)

M. Luísa Veiga

(Escola Superior de Educação do Instituto
Politécnico de Coimbra)

DIMENSÕES DE ANÁLISE DE PROGRAMAS NA PERSPECTIVA DA EDUCAÇÃO EM CIÊNCIAS

ÂMBITO DO ESTUDO

Ao apreciar um currículo do ensino básico no que respeita à componente de Educação em Ciências, importa reflectir sobre aspectos e princípios que condicionam a sua organização e interpretação.

Assim, uma primeira preocupação diz respeito à necessidade de garantir uma articulação dos diversos programas, tanto na perspectiva vertical como na horizontal. Tal articulação implica, por um lado, que os programas de uma mesma disciplina ou conjunto de disciplinas obedeam, ao longo dos anos, a um plano global de concepção e que, por outro lado, assegurem, com as outras disciplinas do currículo, um desenvolvimento dos alunos consonante com as finalidades nele consagradas.

A relevância que a articulação “inter-ciclos” assume é bem expressa por Coll (1988, p. 46):

“...há que tomar consciência de que o aluno é o mesmo ao passar de um nível para o seguinte e de que a sua escolarização é um processo que se estende durante um intervalo temporal muito prolongado. Em consequência, os currículos dos diferentes níveis de ensino devem responder a um projecto educativo global coerente. Caso contrário, corre-se o risco de provocar disfuncionalidades, repetições e até contradições, cujas consequências negativas para o próprio aluno nos são, infelizmente, amplamente familiares”.

Relativamente à vertente “intra-ciclos”, o mesmo autor chama a atenção para a flagrante contradição existente quando, por um lado, se pugna pela globalização e se insiste na coordenação entre professores de um grupo de alunos e, por outro lado, se constata que cada disciplina ou área assenta em plataformas distintas, que vão do desencontro de conteúdos ou de relevância atribuída a cada uma delas, a diferenças substanciais no que respeita a linguagens e pressupostos psicológicos e metodológicos.

Um dos objectivos do presente trabalho decorre desta primeira questão: — *tentar evidenciar continuidades, rupturas e lapsos nos actuais programas do ensino básico no que concerne à Educação em Ciências, na dupla perspectiva “intra” e “inter” ciclos e, em particular, a nível dos seus conteúdos.*

A segunda preocupação prende-se directamente com um dos requisitos da desejada articulação e coerência dos programas — a necessidade de explicitar os princípios subjacentes à sua elaboração.

Existindo sempre opções na elaboração de qualquer programa, ainda que assumidas de forma mais ou menos consciente, a sua explicitação e divulgação tornarão mais fácil, clara e eficaz a leitura e desenvolvimento do mesmo.

Tempos houve em que os programas se limitavam a meras listagens de conteúdos. Tal posição era coerente com modelos de ensino e formação da época: (i) privilégio dado à transmissão de informação e à aprendizagem por aquisição conceptual; (ii) concepção dominante do papel do professor como consumidor e executor do currículo formal; (iii) modelos de formação de professores assentes, também eles, na transmissão de saberes e modos de fazer pretensamente universais ou, na ausência de uma formação específica, na colagem às práticas e rotinas dominantes.

Posteriormente, a pedagogia por objectivos introduziu mudanças e algum avanço na formalização dos programas escolares. A explicitação de objectivos levou a que se especificasse e operacionalizasse o sentido a dar aos conteúdos, transferindo assim a ênfase para a aprendizagem pretendida. Manteve-se, contudo, o enfoque nas aprendizagens de tipo conceptual (domínio cognitivo) e, mesmo dentro destas, nas mais formais, uma vez que eram as que se revelavam de mais fácil operacionalização. No entanto, este modelo, pretendendo ser exaustivo, revelou-se insuficiente para abarcar toda a diversidade e multidimensionalidade dos objectivos educativos pretendidos. Acabou por se constatar que nem todos eles são operacionalizáveis, nem os seus efeitos são sempre observáveis em termos comportamentais imediatos. Esse trabalho de especificação e operacionalização de objectivos revelou-se ainda, técnica e temporalmente, impossível de realizar pelo professor na sua totalidade e para todas as actividades das diversas unidades de ensino.

O aparecimento do construtivismo e a explosão do movimento das concepções alternativas, alimentados por numerosos estudos realizados em todo o mundo, vieram abalar a confiança depositada na pedagogia por objectivos.

Assim, algumas das preocupações relativas à aprendizagem e ensino das Ciências, nomeadamente no que respeita às concepções alternativas dos alunos, à perspectiva Ciência-Tecnologia-Sociedade (CTS), à estratégia por resolução de problemas e ao tipo de trabalho prático utilizado, deverão ser tidas em conta e explicitadas no enunciado dos programas. Vão nesse sentido propostas recentes que apontam para uma diferente estruturação dos currículos de Ciências, onde assume importância fundamental, a par com as dimensões acima referidas, a escolha de contextos de relevância social, em que os conteúdos possam ser desenvolvidos e os alunos reconheçam utilidade na sua aprendizagem.

Daqui decorre o segundo objectivo deste trabalho — *apreciar a importância atribuída a tais dimensões nos actuais programas da escolaridade básica que veiculam saberes do domínio da Educação em Ciências.*

EXPLICITAÇÃO DAS DIMENSÕES DE ANÁLISE SELECIONADAS

A opção pelas dimensões acabadas de enunciar — conteúdos de Ciências, concepções alternativas, perspectiva CTS, resolução de problemas, trabalho prático —justifica que delas se faça um desenvolvimento mais detalhado, para tornar explícita a importância que se lhes atribui na concepção dos programas e as consequentes repercussões nas propostas metodológicas potencialmente emergentes.

Dado que essas dimensões radicam em determinados fundamentos epistemológicos, a natureza da actividade científica é um dos aspectos a clarificar previamente.

Nos últimos anos, a investigação em Educação em Ciências vem mostrando a necessidade de repensar os fundamentos epistemológicos do ensino das Ciências, de modo a que este projecte uma articulação mais adequada entre teoria, observação e experimentação. Tal articulação pressupõe a rejeição da ideia de um método científico único e obriga a preocupações com o modo como o conhecimento científico evolui. De facto, tem vindo a tornar-se evidente que muitos alunos e professores partilham uma imagem deformada da Ciência e da metodologia científica, interpretando-as como um corpo de conhecimentos e um conjunto de procedimentos não influenciados socialmente. É corrente verificar-se que o ensino das Ciências se organiza à margem de situações próximas da vida real e que os conceitos são apresentados sem contextualização histórica. Estas situações têm certamente contribuído para os fracos resultados da aprendizagem em Ciências que, um pouco por todo o mundo, estão a tornar-se cada vez mais consciencializados (Ayala, 1996).

Por tudo isto parece pertinente salientar, de forma muito sumária, alguns aspectos relativos à Nova Filosofia da Ciência.

O empirismo lógico caracteriza a Ciência como racional e de tipo representativo. As leis e teorias são representações verdadeiras do mundo, construídas segundo uma lógica indutiva, a partir de observações consideradas neutras, seguras e certas. O conhecimento científico resulta da acumulação de factos obtidos pela observação e experiência, o que lhe confere uma concepção de progresso de tipo contínuo e linear. Estas perspectivas têm sido fortemente contestadas no âmbito da epistemologia contemporânea, em que os contextos social, histórico, político e económico são considerados como influências convergentes nas concepções de Ciência e de construção do conhecimento científico.

Assim, para Popper, a evolução do conhecimento científico não se faz por mera acumulação de observações, mas por uma tentativa de eliminação de erros na procura da verdade. Trata-se de substituir teorias científicas por outras, melhores e mais satisfatórias. O progresso da Ciência está, então, intimamente relacionado com o princípio da falsificabilidade ou refutabilidade empírica, em que as falsificações, ou seja, a testagem e a refutação mediante “experiências cruciais” constituem factores privilegiados de desenvolvimento do conhecimento científico (Almeida, 1995).

Em suma, para Popper, a incerteza e o erro são inerentes ao progresso da Ciência, progresso que é criativo, que assenta na resolução de problemas e em que interagem a imaginação, o raciocínio lógico, a observação e a experimentação. Este epistemólogo rejeita a ideia de actividade científica como actividade neutra, assim como a existência de um método científico bem definido, que permita induzir teorias a partir de factos. Considera, sim, a actividade científica como actividade humana, em que o cientista é participante activo na invenção de teorias que expliquem fenómenos observados e em que a teoria e a observação interagem intimamente na resolução de problemas com vista à produção do conhecimento científico.

Já para Kuhn, a especificidade da visão da Ciência e do seu progresso reside, sobretudo, na sua teoria dos paradigmas. Considera que o progresso científico é condicionado, essencialmente, pelos pontos de vista da comunidade científica e que o conhecimento científico se desenvolve, nas suas fases essenciais, por saltos qualitativos, que não são justificáveis por quaisquer critérios de validação lógica.

O desenvolvimento da Ciência passa, para Kuhn, por várias fases: (i) a fase “pré-paradigmática”, em que os fenómenos são analisados e compreendidos à luz de diferentes teorias (ciência “multiparadigmática”), até que o estudo de fenómenos naturais suscite, por um ou mais cientistas, uma pesquisa que permita o estabelecimento de novos conceitos e novos métodos que se revelem fortemente prometedores na explicação dos fenómenos em estudo; (ii) a fase de “ciência normal”, em que um paradigma se impõe a toda a comunidade científica como sendo a chave para a explicação das observações e experiências, bem como para a resolução de novos problemas; (iii) a fase de “revolução científica”, caracterizada pelo aparecimento de fenómenos que resistem à explicação dentro do paradigma implantado e que provocam uma ruptura paradigmática à qual a comunidade científica vai resistir, por um período mais ou menos longo, até à aceitação de um novo paradigma (Giere, 1989).

Assim, Kuhn considera que um paradigma só é rejeitado quando surge um outro para tomar o seu lugar. Uma “experiência crucial” não implica a rejeição de uma teoria. Pelo contrário, a comunidade científica, perante uma anomalia, desenvolve todos os esforços para a enquadrar no paradigma já instalado. Tal como Popper, Kuhn considera a actividade científica como actividade humana não neutra. No entanto, para Kuhn o cientista é, sobretudo, um resolvidor de enigmas do tipo paradigma, enquanto para Popper ele é um resolvidor de problemas.

Além disto, Kuhn vê a resolução de enigmas como desafio às capacidades dos cientistas e não das teorias, ou seja, como forma de aumentar a correspondência e eliminar conflitos entre teorias

diversas, enquanto Popper realça o papel da conflitualidade entre teorias para a elaboração e progresso do conhecimento científico (Almeida, 1995).

Pode constatar-se, do que foi dito em relação apenas a estas duas posições epistemológicas, que são diversas as interpretações que os filósofos da Ciência fazem da natureza da actividade científica e do papel que reconhecem à observação e experimentação na testagem das teorias científicas.

Porrúa e Pérez-Froiz (1993) sintetizam assim as principais características da Nova Filosofia da Ciência:

- não existe «um» método científico, mas sim vários métodos que se aplicam de acordo com as diferentes situações; «o» método científico deve ser ramificado, sinuoso, incerto, dialéctico e pouco estruturado;
- as hipóteses e teorias científicas não derivam directamente da observação de factos; resultam da imaginação e da criatividade do sujeito, aliadas a métodos de inquérito científico;
- a observação, numa perspectiva construtivista, depende quer das experiências prévias quer da personalidade de quem observa; observa-se de acordo com um modelo teórico, o que conduz à elaboração de um conjunto de hipóteses e à luz das quais se planifica, inclusivamente, o modo como se vai observar; na construção do conhecimento científico a observação não é uma recolha de dados fidedigna e inquestionável, mas sim uma consequência da teoria que a orienta;
- as teorias científicas nunca podem ser totalmente verificadas; elas mudam porque outras melhores e mais explicativas as substituem e não porque existam factos que as contrariem, embora existindo sempre grande relutância à mudança; toda a teoria convive com diversas anomalias, que nunca são completamente explicadas;
- as teorias não são cópias do mundo, pois o conhecimento nunca é um reflexo da realidade: são construções do sujeito, individual ou colectivo;
- a história da Ciência não é linear nem cumulativa; avança por rupturas e descontinuidades nas estruturas teóricas;
- as teorias científicas não são infalíveis; o erro é inerente à própria Ciência e ao progresso do conhecimento; todo o conhecimento é hipotético e temporário;
- a objectividade científica não consiste na concordância com os factos, mas sim na intersubjectividade e consenso temporal dentro da comunidade científica de investigadores;
- a Ciência não é neutra; as normas e valores são inerentes à própria Ciência e o poder político e económico têm sempre algum interesse nela;
- a Ciência não se produz fora do contexto social; a sociedade influencia a Ciência e vice-versa; a Ciência é uma construção social e está vinculada a um determinado contexto histórico, em que existe uma relação dialéctica entre Ciência, Tecnologia e Sociedade.

Parece então evidente que, para que um currículo represente legitimamente o conhecimento científico, é necessário que na sua elaboração se tenham em conta aspectos da história, filosofia e sociologia da Ciência e que o ensino das Ciências seja enquadrado num determinado contexto social, económico e político.

Conteúdos de Ciências

No que respeita à Educação em Ciências, é bom lembrar que, perante os sérios problemas que a humanidade enfrenta, o que o futuro lhe reserva depende grandemente do grau de sensatez com que

se faz uso da Ciência e da Tecnologia. Mas isso, por sua vez, depende da educação das populações, nomeadamente daquela que o ensino formal veicular. Salvo experiências de carácter extremamente pontual, todas as sociedades, com sistemas de ensino formal organizados, desde sempre se preocuparam com a estruturação dos currículos em torno de disciplinas ou áreas científicas. O desenvolvimento operado ao nível do conhecimento científico teve repercussões quer no leque de disciplinas de ciências sucessivamente consideradas, quer nos conteúdos seleccionados para tratamento, quer ainda nas orientações dadas à formação de professores.

Estudos desenvolvidos sobre disciplinas escolares mostram que as disciplinas ditas de Ciências estão entre as últimas a adquirir um lugar de destaque nos currículos do ensino secundário. A este propósito, as obras pioneiras de Turner (1927) e Bishop (1961) oferecem informações valiosas para uma reflexão aprofundada sobre a Física como disciplina escolar.

A trabalhos como estes, de tom predominantemente narrativo e cronológico, seguiram-se estudos mais analíticos sobre as Ciências como disciplina escolar, datados do início dos anos sessenta. É o caso dos trabalhos de Cane (1959 - 1960), Argles (1964) e Roderick e Stephens (1972), que se debruçam sobre a relação entre a educação científica e técnica num período que vai de meados do século XIX a meados do século XX (Goodson, 1997).

Outros estudos, como o de Bail (1964) sobre a “Ciência das coisas comuns” e o de Layton (1973) sobre a definição de planos para “ensinar a Ciência das coisas comuns” estão na base do desafio feito à modalidade tradicional da educação, pela qual a ordem social era produzida, reproduzida e legitimada. O movimento da “Ciência das coisas comuns” começou, então, por volta de 1850, a despertar medos nas classes médias e altas, já que se tratava de ensinar a disciplina a um grande número de alunos desde a escola primária. Para levar a cabo tal movimento, Layton (1973) havia identificado três recursos essenciais: equipamento científico adequado e não dispendioso. manuais escolares com informação científica oportuna e professores bem formados.

As reacções de desmantelamento do movimento concretizaram-se na falta de apoio a estes recursos, nomeadamente à formação de professores e aos recursos financeiros e preconizaram a substituição da “Ciência das coisas comuns” por uma versão mais ‘aceitável’, mais “pura” e “abstracta” (Goodson, 1997). Era o início da implantação, em meados do século XIX, da “Ciência laboratorial pura”, que deveria dominar os currículos do ensino das Ciências, particularmente para os estudantes mais aptos (Hodson, 1988).

Daí por diante, a Ciência passaria a ser essencialmente definida nas universidades e aniquilava-se a orientação do ensino das Ciências numa perspectiva de educação de massas.

A “Ciência laboratorial pura” ganhou impulso nos anos de 1850, passou a ser aceite como o único ensino científico e a usufruir dos vários apoios governamentais necessários. Tinha-se atingido uma forma de ensinar a Ciência em harmonia com a ordem social e, como tal, ligada à imagem e linguagem da elite universitária.

Este princípio, que perdurou durante muitos anos, é hoje claramente rejeitado por muitos daqueles que entendem que a competência dos indivíduos para a resolução de situações - problema do dia-a-dia passa pela compreensão de diversos factos, princípios e conceitos científicos. O reconhecimento social da importância de muitos destes saberes tem também contribuído para a preocupação que, de um modo crescente, a comunidade científica internacional tem vindo a manifestar sobre as lacunas evidenciadas pelo público em geral, mesmo após a escolarização. Aliás, é esta uma das origens do movimento para a “literacia científica”. A verificação da necessidade de que há um longo caminho a percorrer, para que os níveis de formação/educação sobre a dimensão científica dos problemas possam subir para valores mais aceitáveis, tem-se constituído como um eixo promotor de linhas de investigação em Educação em Ciências. É o caso, por exemplo, do “ensino por resolução de problemas” e da “perspectiva CTS”.

A situação de impreparação científica de cariz pragmático que, na sociedade de um modo geral, diversos estudos têm vindo a evidenciar tem colocado aos educadores questões sobre a lógica de reorientação dos currículos da escolaridade básica (disciplinar *versus* alfabetização científica) e, consequentemente, dos conteúdos de Ciência, dos métodos de questionamento usados em Ciência e das implicações sociais da mesma.

Apesar do desenvolvimento operado ao nível da investigação educacional em geral, e na área da Educação em Ciências em particular, reconhece-se a pouca repercussão de tais estudos nas práticas dos professores (Cachapuz, 1995). A preocupação central destes situa-se sobre que conteúdos estão preconizados nos programas, que sequência se deve adoptar em cada disciplina ao longo dos vários anos e que articulação é possível fazer entre diferentes disciplinas. Pese embora a pertinência de muitas críticas feitas a esta preocupação dos professores, não pode deixar de se reconhecer que o desenvolvimento de comportamentos sociais esclarecidos e informados para a tomada de decisões sobre problemas locais e globais passa, necessariamente, pelo conhecimento e compreensão de conceitos, princípios e leis neles implicados.

Tome-se, como exemplo, a tão debatida questão das necessidades crescentes de energia. a par com o esgotamento das fontes disponíveis. O desenvolvimento científico e tecnológico tem “inventado” formas engenhosas de provocar deliberadamente transferências e transformações de energia que lhe são úteis. Usam-se, hoje em dia, quantidades elevadas de energia na indústria, na agricultura, nos transportes, na iluminação, nas comunicações, na climatização de edifícios, no lazer, etc.. Aliás, os consumos energéticos são hoje tidos como um indicador do desenvolvimento dos países. Mas a disponibilização da energia depende sempre de recursos existentes, sejam eles esgotáveis ou renováveis. Dado que estes últimos se encontram ainda em fase incipiente de descoberta e exploração, são fundamentalmente os recursos esgotáveis aqueles que continuam a ser usados como fontes energéticas primárias.

A utilização desenfreada dos recursos energéticos não renováveis tem vindo a criar problemas não só de “esgotamento” de tais fontes, como ainda de desequilíbrios ambientais, alguns deles irreversíveis e de implicação à escala planetária. Este tipo de preocupações é facilmente aceite e compreendido por populações norteadas por valores de solidariedade social sustentável. Dito de outra forma, não parece difícil fazer com que muitas pessoas aceitem pacificamente o princípio de que é preciso “poupar”, pensando nos outros de hoje e de amanhã. Isto não significa, porém, que tal aceitação, ainda que traduzida em práticas com ela consentâneas, ultrapasse um simples posicionamento doutrinário. Mas se em democracia se pretende que a intervenção de cada um seja, mais do que doutrinária, também informada, então não bastará alertar para as consequências de consumos energéticos abusivos. Necessário se torna proporcionar aprendizagens que cientificamente justifiquem os argumentos utilizados para as várias situações.

É neste domínio que a escola pode desempenhar um papel primordial, quer promovendo hábitos de reflexão e questionamento, quer proporcionando saberes indispensáveis a uma compreensão adequada, ainda que de carácter geral (na escolaridade obrigatória). Alguns destes saberes têm que necessariamente colocar-se ao nível de conteúdos, sejam eles conceitos (como o de energia) ou princípios (como o da sua conservação). Saliente-se, a este propósito, que uma deficiente interpretação do princípio da “conservação de energia” poderá levar a crer que, por a energia se manter constante, ela seria inesgotável. Só compreendendo a irreversibilidade dos processos de transformação, é possível “acreditar” na degradação da energia a par da sua conservação.

Colocando o problema da produção de energia eléctrica pela via termoeléctrica, é também fácil reconhecer a importância de saberes relativos a conteúdos específicos. Por exemplo, a compreensão das reacções de combustão que ocorrem durante a transformação dos ditos combustíveis fósseis (carvão, petróleo, gás natural) permite perceber por que razão uns são mais rentáveis do que os outros (do ponto de vista energético), ou mais poluentes. No que respeita concretamente à poluição daí decorrente, é a compreensão dos produtos formados nessas reacções de combustão que permite entender o seu contributo para problemas tão actuais como as chuvas ácidas e o efeito de estufa.

Realçada que foi, pelos exemplos dados, a importância dos conteúdos na compreensão dos múltiplos problemas sociais de matriz científico-tecnológica. evidente se torna que a escola tem que prestar particular atenção aos conteúdos, quer no que respeita à sua selecção, quer ao seu ensino e aprendizagem, quer ainda à sua articulação curricular.

Concepções Alternativas

Aprender pressupõe um processo pessoal e activo de construção de conhecimento. Esta perspectiva construtivista opõe-se à concepção do sujeito receptor passivo de saberes transmitidos e supõe que, num qualquer processo de ensino e de aprendizagem, o aluno deva ser considerado um sujeito activo, possuidor de vivências e objectivos próprios que lhe permitem interagir com o meio físico e social e que condicionam, de forma decisiva, as novas aprendizagens. Isto significa reconhecer que, a par com aprendizagens formais, os alunos possuem ideias ou “teorias informais” sobre os mais diversos domínios que afectam a interpretação do quotidiano. Neste sentido, cada aluno chega à escola com “uma física”, “uma química”, “uma biologia” e “uma geologia” intuitivas e também com um conhecimento informal sobre o mundo social, histórico e económico, para além de uma psicologia intuitiva que, no seu dia-a-dia, lhe conferem adaptabilidade (Pozo, 1996).

No ensino das Ciências é, por isso, fundamental ter em conta as ideias e as explicações sobre os fenómenos naturais que os alunos trazem para a escola e que, muitas vezes, não são capazes de explicitar. Estas concepções, vulgarmente designadas por *concepções alternativas* (CA's), poderão ser mais ou menos divergentes dos conceitos cientificamente aceites³.

A consciência da existência destas ideias exige, necessariamente, respostas didácticas adequadas. Nos últimos vinte anos têm sido identificadas CA's em várias áreas. Pfundt e Duit inventariaram 3500 estudos nesta linha de investigação, publicados nas mais importantes revistas de divulgação internacional de Educação em Ciências (Pfundt e Duit, 1994).

Com a finalidade de contribuir para facilitar a utilização, pelos professores, dos resultados da investigação em CA's, Furió (1996) enumerou, de forma simples e sintética, sete aspectos:

- os estudantes chegam à sala de aula com um conjunto variado de CA's e muitas delas possuem uma certa coerência interna;
- as CA's são comuns a estudantes de diferentes meios, idade e género;
- as CA's são persistentes e não se modificam facilmente com estratégias de ensino convencionais;
- as CA's apresentam um certo isomorfismo com concepções vigentes em períodos da história do pensamento científico e filosófico;
- o conhecimento anterior dos alunos interage com aquilo que se ensina na aula e serão de esperar consequências imprevistas na aprendizagem;
- as CA's podem surgir a partir de experiências pessoais muito variadas, que incluem a percepção, a cultura, a linguagem, os métodos de ensino dos professores, os materiais educativos,...;

³ Segundo Cachapuz (1995), a designação de concepções alternativas (CA's) surge por se tratar de "...ideias que aparecem como alternativas a versões científicas de momento aceites..." não podendo ser encaradas como "...distracções, lapsos de memória ou erros de cálculo, mas sim como potenciais modelos explicativos... resultando de um esforço consciente de teorização...".

- as estratégias que facilitam a mudança conceptual podem ser ferramentas eficazes na aula de aula.

A origem das CA's dos alunos é um campo de interesse para muitos autores e Pozo (1996) propõe mesmo três vias principais para explicar o seu aparecimento: sensorial, cultural e analógica. Uma origem sensorial, para explicar o que designa por “concepções espontâneas” na percepção de fenómenos, processos e observações na vida quotidiana; uma origem cultural, para explicar as chamadas “concepções sociais” resultantes da influência do meio social e cultural que envolve o aluno, sendo a sua transmissão feita através da linguagem; uma origem analógica, para explicar as “concepções analógicas” que aparecem no desempenho de tarefas onde são estabelecidas analogias com ideias ou esquemas de conhecimentos provenientes de outras áreas. Estes aspectos contribuem certamente para ajudar os professores a diagnosticar e compreender as ideias dos alunos, a escolher as estratégias mais adequadas à sua abordagem didáctica e a reflectir sobre as próprias práticas. Neste sentido, Cachapuz (1995) chama a atenção para a possibilidade de algumas CA's serem reforçadas nas próprias situações de aprendizagem, através dos manuais escolares ou do próprio professor, ao serem utilizadas analogias, linguagem e representações diagramáticas inadequadas ou excessivamente simplistas.

O paralelismo encontrado entre algumas CA's dos alunos e algumas concepções científicas actualmente abandonadas vem salientar a importância do conhecimento do professor sobre a História da Ciência. Esse conhecimento poderá não só facilitar o diagnóstico das dificuldades dos alunos, como também constituir um importante recurso didáctico no seu tratamento, tanto mais que cria excelentes oportunidades para privilegiar a dimensão da construção do conhecimento científico e colocar a ênfase no erro e na incerteza.

Vários autores alertam para a dificuldade de, na prática, conseguir ultrapassar algumas CA's dos alunos, já que, como afirma Santos (1992), resistem à mudança, constituem verdadeiros obstáculos epistemológicos e impedem (iludem) a construção do saber científico. Para além desta estabilidade, registam-se ainda, com frequência, efeitos regressivos, ou seja, o ressurgimento de concepções que pareciam ter sido abandonadas.

A existência de CA's nos alunos não deve, porém, ser encarada de forma fatalista pelos professores. Opostamente, deve aceitar-se como natural o carácter evolutivo do aluno, colocando a contribuição do professor no desafio desse desenvolvimento. Os resultados da investigação afiguram-se muito importantes, não só para o professor conhecer as ideias dos alunos, como para poder criticar, de forma fundamentada, o paradigma de ensino pela transmissão verbal de conhecimentos acabados,

Em oposição aos modelos de ensino destinados à aquisição conceptual surgem hoje propostas de ensino para a mudança conceptual. Estas enquadram estratégias que, partindo das CA's, procuram criar situações onde o aluno construa ou reconstrua novas estruturas conceptuais.

O reconhecimento da importância das interações sócio-culturais na aprendizagem, nomeadamente como fonte de algumas CA's, pode constituir, também, um importante instrumento de reflexão didáctica, fazendo prever que a construção dos conceitos científicos será promovida se o aluno tiver oportunidade de, em grupo, expressar e ouvir outras ideias e interpretações, dúvidas ou explicações, o que requer, naturalmente, aulas organizadas nesse sentido.

Mas “aprender Ciência pressupõe ser-se iniciado numa cultura de Ciência” (Driver et al., 1994), o que significa que a aprendizagem não se pode esgotar nos conceitos, devendo também contemplar aspectos relativos à natureza do conhecimento científico, aos processos e aos valores envolvidos na sua construção.

O campo de investigação acima referido e inicialmente centrado na identificação das ideias dos alunos sobre conceitos científicos alargou-se às estratégias didácticas de “mudança conceptual” e, ultimamente, tem posto em evidência outros aspectos da aprendizagem em Ciências. Para além dos conceitos e das relações entre conceitos, estão também em causa aspectos epistemológicos,

metodológicos e axiológicos, como sejam, respectivamente, as concepções sobre a natureza da Ciência, as concepções sobre as formas de pensar e proceder na actividade científica e o interesse, as atitudes e os valores dos alunos face à aprendizagem em Ciências (Furió, 1996).

Assim, num currículo de Ciências, seria desejável que a selecção dos temas e das propostas programáticas resultassem do confronto entre as finalidades estabelecidas para cada nível de ensino e as evidências da investigação, nomeadamente a importância das CA's dos alunos.

Indissociáveis da aprendizagem estão também as práticas de avaliação. Num paradigma construtivista não faz sentido avaliar somente os produtos ou os conceitos, em detrimento dos processos, das atitudes e dos valores que se reconhecem como fundamentais na construção do conhecimento científico. A investigação nunca fornecerá qualquer algoritmo de ensino aos professores, mas permitir-lhes-á analisar as próprias práticas, tomando decisões de forma mais coerente e fundamentada. Neste sentido, o desenvolvimento profissional dos professores é fundamental, sendo de especial importância a actualização permanente, a troca de experiências e a identificação das próprias concepções de ensino e de Ciência.

Perspectiva Ciência - Tecnologia - Sociedade

Face à influência crescente da Ciência e da Tecnologia na configuração das condições de vida da humanidade, a Educação em Ciências, em particular ao nível da escolaridade básica, tem hoje que ser equacionada como uma forma de contribuir para a construção de uma melhor qualidade de vida.

O desenvolvimento científico-tecnológico acelerado, que ocorreu a partir de meados do século XX, fez surgir, a par de aspectos positivos, alguns aspectos negativos que abalaram a imagem da Ciência. Em Portugal e um pouco por todo o mundo, os programas escolares de Ciências tornaram-se, aos olhos dos alunos, cada vez mais distantes dos seus interesses, menos úteis e mais desmotivantes, o que, provavelmente, se reflecte num elevado insucesso escolar e num desinteresse pela aprendizagem das Ciências (Santos, 1994).

É notório o desfasamento entre as aprendizagens escolares e as necessidades de ordem pessoal e social, podendo dizer-se que a Educação em Ciências não está a acompanhar as mudanças sociais e que, cada vez mais, as camadas jovens se afastam da Ciência, considerando-a um corpo fechado e dogmático de conhecimento, causa de poluição ambiental, limitador da liberdade e destruidor do planeta. A crise do ensino e aprendizagem das Ciências pode considerar-se como a denúncia de um currículo que não reflecte as necessidades da vida moderna e das mudanças sociais.

A apologia de outra orientação do ensino das Ciências — *perspectiva Ciência / Tecnologia / Sociedade (CTS)* — tem como objectivo primordial atribuir à Educação em Ciências, nos diversos níveis, o papel de preparar os estudantes para enfrentarem o mundo sócio-tecnológico em mudança, no qual os valores sociais e éticos são factores relevantes. Em oposição ao conhecimento meramente académico, divorciado do mundo fora da escola, a valorização do quotidiano para um ensino contextualizado assume-se como um aspecto fundamental num processo de mudança, que é urgente implementar.

Segundo esta orientação CTS, o ensino deverá centrar-se em torno de temas de relevância local e ser flexível, para se adaptar quando as condições mudarem, devendo incluir-se, nos programas, tópicos socialmente relevantes, de que são exemplo: uso do solo, qualidade do ar e da atmosfera, recursos energéticos, reservas alimentares, saúde e doenças humanas, recursos hidrológicos, exploração do espaço, substâncias perigosas, tecnologias de guerra, higiene e limpeza, reactores nucleares e recursos minerais (Pedretti e Hodson, 1995).

Autores de propostas inovadoras em relação às perspectivas tradicionais de ensino (Holbrook, 1992; Yager, 1992; Solomon, 1994; Hurd, 1994; Pedretti e Hodson, 1995; Miliar, 1996; González Garefa et al., 1996) defendem que todo o cidadão deve:

- usar conhecimento básico para tomar decisões individuais e sociais;
- conhecer, valorizar e usar a tecnologia na sua vida pessoal;
- reconhecer as vantagens e as limitações da Ciência e da Tecnologia;
- desenvolver capacidades, atitudes e valores que lhe permitam adaptar-se a um mundo em mudança.

Apesar da polémica e controvérsia que ocorrem em torno das propostas de mudança curricular, há já algum consenso sobre pistas apontadas por investigadores que trabalham nesta área:

- é prioritária a aprendizagem de conceitos que sejam relevantes para as necessidades dos estudantes, para o progresso social e para o bem comum (Hurd, 1994) e que cubram um leque mais amplo de áreas científicas, de modo a poderem interrelacioná-las (Royal Society, 1987);
- é fundamental que a aprendizagem dos conceitos científicos (Santos, 1994):
 - não seja demasiado especializada, segundo uma disciplinaridade excessiva, mas que contemple momentos de interdisciplinaridade, integradores de saberes que privilegiem visões mais holísticas;
 - ocorra a partir de exemplos da vida quotidiana, que têm um cariz multidisciplinar, podendo tornar a Ciência mais motivante e mais útil, ao aproximar-se da vida real;
 - não se limite ao conhecimento de factos e de princípios científicos, mas também ao desenvolvimento de atitudes e valores;
 - aborde a História da Ciência e os papéis da Ciência e da Tecnologia na sociedade;
 - desenvolva capacidades de tomar decisões e resolver problemas na interface Ciência/Tecnologia/Sociedade.

Assim, as orientações para o ensino das Ciências podem resumir-se a dois apelos:

- *Apelo à abordagem de situações* - problema do quotidiano, que irá permitir reflectir sobre os processos da Ciência e da Tecnologia, bem como das suas interrelações com a Sociedade (temas CTS), facultando, para além de uma aprendizagem científica e tecnológica, uma possibilidade de tomar decisões informadas e o desenvolvimento de atitudes e valores (Vaz e Valente, 1995; Serrano, 1996).
- *Apelo à interdisciplinaridade*, que decorre da necessidade de compreender o mundo na sua globalidade e complexidade e também de conciliar a tendência fragmentadora e analítica do saber com momentos em que se utilizem os diversos fragmentos para a construção de um saber mais global (Pombo, 1993).

Tudo aponta para a necessidade de um novo modelo de desenvolvimento curricular que seja mais holístico na sua concepção, bem como para uma aprendizagem contextualizada que está para além do âmbito do laboratório e das fronteiras das disciplinas. Pretende-se, com isto, que a aprendizagem das Ciências se torne atraente, estimulante e importante para a maior parte dos alunos, que transmita da Ciência uma visão humanizada e que desenvolva conhecimentos e capacidades para tomar decisões e resolver problemas.

Relativamente a propostas curriculares e à implementação CTS, há diferentes posicionamentos consoante os autores. Gardoer (1994), Hurd (1994) e Millar (1996) são três exemplos paradigmáticos e complementares das tentativas que têm vindo a ser levadas a cabo no que se refere à construção de um currículo abrangente para a educação CTS.

Gardner (1994) defende a construção do currículo a partir de conceitos sócio-científicos e sócio-tecnológicos.

Hurd (1994) apresenta propostas que demonstram uma preocupação muito centrada no aluno, considerando que a organização de um currículo deve ter em conta as características da sociedade, a mentalidade dos jovens e a natureza e ética da Ciência pós-moderna.

Millar (1996) considera que um currículo de Ciências se deve preocupar com uma ênfase mais tecnológica, que ajude os estudantes a tornarem-se mais capazes nas suas interações com o mundo material que os rodeia, devendo também compreender o tratamento de modelos importantes para a explicação de fenómenos naturais (sistema Terra-Lua, Terra-Sol, etc.). Além disso, é importante tornar claro que há diferenças cruciais entre a Ciência no laboratório e no mundo real e que o conhecimento científico é o produto de um trabalho social. Compreender a Ciência como um empreendimento social é, segundo o autor, o aspecto mais difícil de clarificar especificamente num currículo.

Resumindo, a orientação CTS num currículo de Ciências pressupõe uma abordagem que, valorizando o quotidiano para um ensino contextualizado, contribua para uma melhor educação para a cidadania, onde aspectos ligados ao ambiente, à saúde e ao consumo são de reconhecido interesse.

Resolução de Problemas

A *resolução de problemas* (RP) na construção de um currículo de Ciências é de importância fundamental, por permitir desenvolver não só conhecimento conceptual, mas também conhecimento processual e competências que, muitas vezes, os cidadãos têm de mobilizar quando enfrentam problemas no seu quotidiano (seleccionar, prever, recolher informação, planear, formular hipóteses, controlar variáveis,...).

Por outro lado, autores como Gil Pérez (1993) consideram que a estratégia de mudança conceptual mais coerente com a orientação construtivista e com as características do raciocínio científico é a que coloca a aprendizagem como o tratamento de situações problemáticas abertas e consideradas de interesse pelos alunos. Daí emerge uma das razões para a importância da RP, especialmente se atendermos a que os alunos mostram resistência a essa mudança conceptual.

Outros argumentos, porém, justificam a necessidade de incluir a RP num currículo de Ciências. Numa perspectiva cognitiva, há que proporcionar aos alunos oportunidades de pensar, para se interrogarem quer sobre os processos por que aprendem, tornando-se conscientes deles, quer sobre as causas das suas dificuldades quando não aprendem (Cruz, 1989). A resolução de problemas desempenha aqui, também, um papel importante. A sua importância emerge ainda de estudos que referem dificuldades dos alunos nessa área (Gil Pérez et al., 1988; Cruz, 1989; Valente et al., 1990 e Goffard, 1994).

O que anteriormente foi referido pode sintetizar-se do seguinte modo (fig. 1):

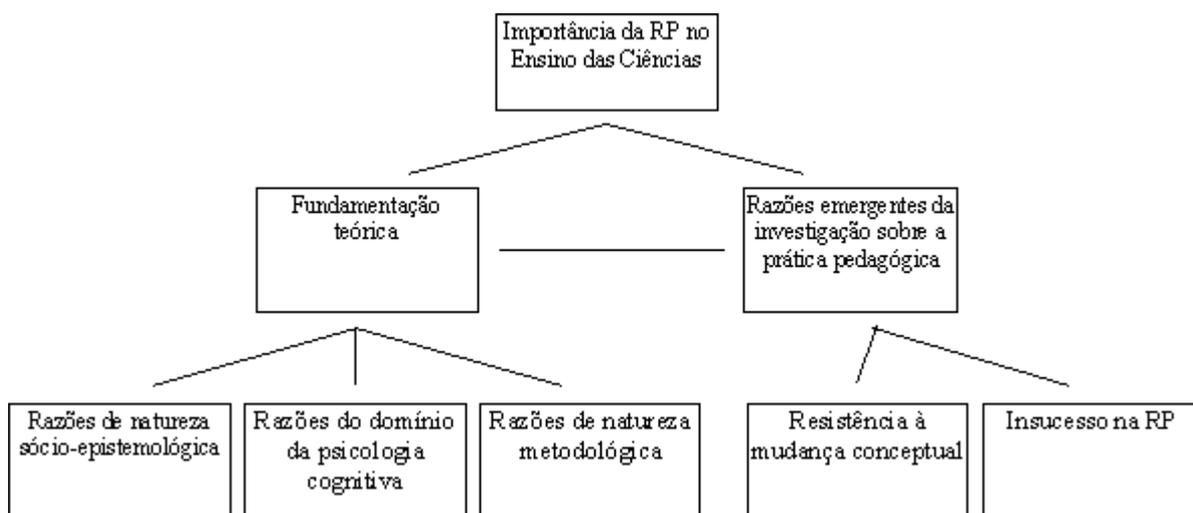


Figura 1. A importância da resolução de problemas no Ensino das Ciências

Outra das razões para a importância da RP reside no facto de o ensino das Ciências a partir de situações-problema facilitar a exploração das interações CTS. A recomendação mais frequentemente feita para a reforma do ensino das Ciências exige que os conceitos e os processos de raciocínio tecnológico sejam integrados no currículo, por se reconhecer que certos aspectos da tecnologia são a melhor forma de preencher a lacuna entre a Ciência e a sociedade e de ligar a Ciência com os aspectos da vida quotidiana (Hurd, 1987). Uma tal abordagem curricular implica, fundamentalmente, actividades de resolução de problemas, como o evidencia a figura 2 (Campbell et al., 1994).

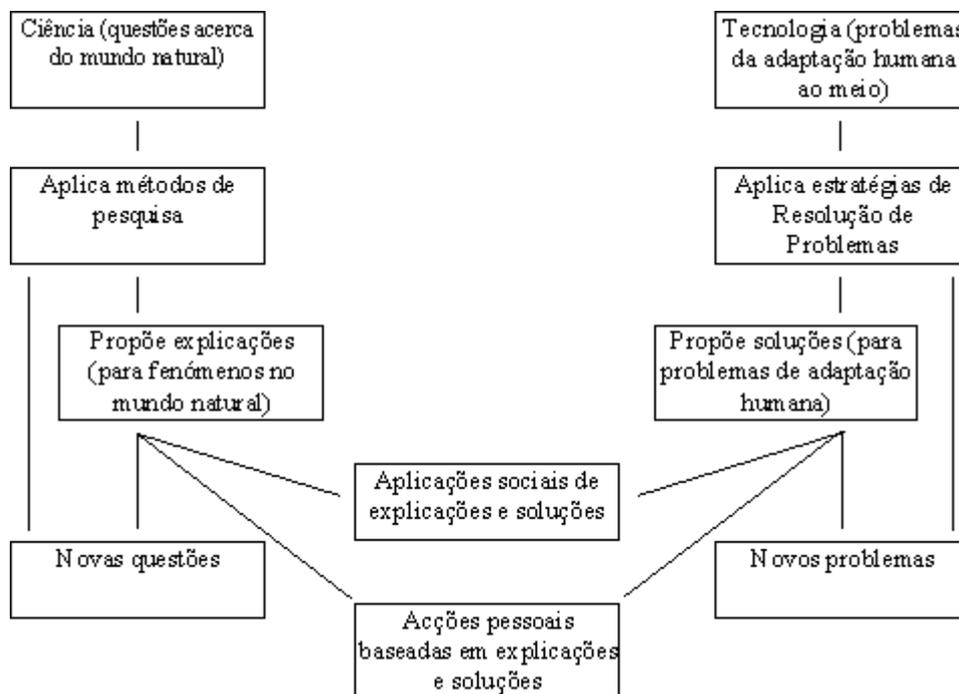


Figura 2. Perspectiva CTS e Resolução de Problemas

Sendo a RP um aspecto tão importante a ter em conta na elaboração de um currículo de Ciências, importa clarificar o que se entende por problema, até porque o conceito não assume o mesmo significado para todos.

Kulm (1990), reconhecendo que existe falta de coerência entre o desempenho de muitos alunos no âmbito da RP e as concepções dos seus professores (que consideram importante desenvolver capacidades cognitivas de ordem elevada, nomeadamente a RP), adianta várias explicações possíveis para essa falta de coerência. Numa delas, admite que os professores pensam que ensinam RP, mas que o que fundamentalmente ensinam é a resolução de exercícios.

Embora não exista uma fronteira definida entre exercício e problema, há características que os distinguem, como mostra o quadro seguinte (Gouveia et al., 1995):

Exercício	Problema
<ul style="list-style-type: none"> • dados explícitos e em número necessário e suficiente • resolução única • solução única • obstáculo reduzido • aluno sujeito passivo da aprendizagem • pode ser resolvido mediante a recordação • reprodução ou a aplicação de um algoritmo 	<ul style="list-style-type: none"> • dados não explícitos (implícitos na descrição da situação) • vários caminhos para a resolução • várias soluções possíveis • grande obstáculo • aluno-sujeito activo da aprendizagem • envolve capacidades cognitivas, metacognitivas, afectivas e psicomotoras

Os efeitos negativos que a ênfase dada à resolução de exercícios pode transportar para o ensino das Ciências é um dos melhores argumentos para dar ênfase à RP num currículo de Ciências.

As mensagens implícitas nos currículos podem ser muito poderosas e potencialmente prejudiciais. Ora, uma ideia que inadvertidamente pode ser veiculada é que a Ciência é metodologicamente segura e que o erro só pode provir do investigador ou da técnica de investigação. Para esta imagem muito contribui a ênfase dada à resolução de exercícios (Garret, 1995).

Trabalhar na compreensão de situações problemáticas, para as quais não temos resposta imediata, oferecerá uma perspectiva muito mais real do carácter, do progresso e dos processos da Ciência. O poder e as limitações desta, a sua posição dentro da sociedade e as pressões que daí lhe advêm tornar-se-ão muito mais evidentes. Ao mesmo tempo, a RP permitirá o desenvolvimento de capacidades várias, como o trabalho em equipa e a criatividade.

Trabalho Prático⁴

O *trabalho prático* (TP) é hoje, por excelência, um polo de debate e reflexão na Educação em Ciências, fazendo emergir intervenções, nem sempre convergentes, de professores, especialistas, decisores de currículo e responsáveis de políticas educativas internacionais, nacionais e regionais.

Embora periodicamente desacreditado (e, em certas ocasiões, qualificado como “perda de tempo”), a importância do trabalho de laboratório⁵ na Educação em Ciências tem permanecido incontestada (Hodson, 1994).

⁴ Segundo a nomenclatura de Hodson (1988), admite-se que nem todo o “trabalho prático” se realiza no laboratório e que nem todo o “trabalho de laboratório” contempla “experiências”.

⁵ Segundo Hodson (1993 e 1994), os termos “trabalho de laboratório” (expressão usada na América do Norte), “trabalho prático” (mais usado na Europa, Austrália e Ásia) e “experiências” são empregues praticamente como sinónimos.

Que orientação deverá então ser dada, nos currículos de Ciências, quanto ao uso de actividades de TP em sala de aula?

As actividades de TP, embora frequentemente enunciadas nas finalidades e objectivos gerais, são descritas de forma empobrecedora nas sugestões metodológicas dos programas, parecendo muitas delas confusas e não exequíveis ou não produtivas em sala de aula. Os professores acabam por utilizar a metodologia do TP essencialmente entre dois limites, que vão do recurso à sobredosagem do TP como panaceia, com intuito de alcançar todos os objectivos da aprendizagem, até à redução drástica da sua utilização.

Lopes (1994) apresenta uma síntese do que se faz na sala de aula em termos de TP e que pode estar na base do insucesso da sua utilização:

- os exercícios práticos são feitos sem qualquer base teórica;
- pretende-se que o concreto se torne abstracto;
- o trabalho laboratorial de manuseamento é muito extenso (ocupa muito tempo da aula), o que leva a um tempo de contacto passageiro com o conteúdo em causa;
- muitas vezes o conteúdo é fornecido pelo professor, restando pouco tempo para o aluno construir o seu significado pessoal;
- o trabalho laboratorial é visto como um meio de obtenção de informação ou de dados meramente factuais;
- os alunos não são envolvidos no projecto e na planificação das investigações experimentais (é o professor que o faz), o que se traduz num trabalho com pouca utilidade do ponto de vista pedagógico;
- os alunos não só não possuem a teoria necessária e apropriada para a compreensão do que executam, como podem possuir uma “teoria” diferente, Assim, vão proceder às observações no sítio errado e interpretá-las de forma incorrecta;
- existem experiências que apenas servem para desviar a atenção dos alunos dos conceitos teóricos importantes envolvidos, bem como para inibir o seu pensamento criativo.

Uma actividade de aprendizagem como o TP deveria ser, por isso, assumida pelos construtores de currículos e pelos professores como facilitadora do desenvolvimento conceptual dos alunos, proporcionando a compreensão de aspectos particulares do método científico, do papel da observação e da teoria, do estatuto epistemológico da hipótese, do impacto científico, tecnológico e social de uma ideia, do relevo da História da Ciência, etc.

O currículo deve expressar, de forma inequívoca, que o tradicional método científico (linear, sequencial e universal) é uma concepção que não se ajusta aos contextos da investigação e, muito menos, à sala de aula. Se é importante familiarizar os alunos com a metodologia científica, então devem proporcionar-se situações que evidenciem que o método científico modifica constantemente o nosso entendimento da Ciência, podendo a metodologia ser ensinada como conceito.

A perspectiva que subjaz, de forma implícita ou explícita, no currículo dos cursos de Ciências é acentadamente empirista-indutivista. Ao nível do ensino, traduz-se por assumir que os factos científicos dão significado às teorias e por considerar a observação meticulosa, exacta e metódica como a etapa mais relevante do método científico. A contribuição da investigação em educação é no sentido de evidenciar o procedimento dedutivo da formulação de uma teoria, que é posteriormente apoiada nas observações e experimentações com que se deve confrontar. As teorias, como “instrumentos” para resolver problemas, são construções intelectuais, estatuto adquirido após sujeição a testes de validação pela comunidade científica. No âmbito da didáctica das Ciências importa

salientar o papel relevante da hipótese na construção do conhecimento científico – perspectiva racional – assumindo a função de articular, durante a investigação, as teorias, as observações e a experimentação. No currículo explícito esta perspectiva deve ser assumida, em oposição à perspectiva de pendor empirista, onde a hipótese apenas tem uma função ‘cinzenta’, inserindo-se num processo de verificação e não intervindo, de forma interactiva. nas explicações provisórias que os resultados vão sugerindo.

Gil Peréz (1993) refere quatro estratégias de ensino-aprendizagem para a mudança conceptual, podendo algumas delas abranger o TP com a intenção de promover a aproximação às situações-problema encontradas na investigação científica:

- identificação e clarificação das ideias que os alunos possuem;
- questionamento das ideias dos alunos através de contra-exemplos (conflitos cognitivos);
- introdução de novas ideias, mediante “brainstorming” entre os alunos ou apresentadas pelo professor;
- criação de oportunidades para que os alunos usem as novas ideias em diferentes contextos.

Contudo, o TP convencional pode, segundo Cachapuz (1992) e Hodson (1994), condicionar o comportamento dos alunos a que estejam ficticiamente activos, criando a ilusão de estarem empenhados numa tarefa. De facto, os alunos seguem muitas vezes o protocolo “tipo receita” ou executam funções acessórias que lhe foram incumbidas pelos outros elementos do grupo ou pelo professor (lêem valores de temperatura. esperam o intervalo de tempo previsto no protocolo para realizarem uma titulação, etc.). Muitas vezes, o tempo consumido nas actividades de TP seria melhor rentabilizado se os alunos pudessem previamente reflectir sobre aquilo que se espera que venha a suceder. Sempre que possível, os estudantes deveriam descrever essas previsões por escrito, assim como as condições em que poderiam ocorrer determinadas situações.

Os conteúdos processuais específicos das Ciências estão relacionados com o trabalho científico: observação e descrição de fenómenos, recolha e interpretação de dados, conhecimento de técnicas de trabalho, manipulação de aparelhos, desenho de investigações com controlo de variáveis para resolver problemas, que devem, sempre que possível, ser registadas sob a forma de relatório ou diário de laboratório. No entanto, e sem querermos defender a substituição do trabalho de laboratório por outras abordagens alternativas, há que ter em conta que muitas experiências são complexas, consomem muito tempo, são dispendiosas e até perigosas. O aluno deixa de ter, no espaço da aula, o tempo necessário para a análise crítica e a discussão do trabalho desenvolvido. Assim, outros métodos poderão ser utilizados, como, por exemplo, o computador e os vídeos interactivos. Estes métodos permitem eliminar as interferências das experiências concretas, favorecendo a especulação e a previsão por parte dos alunos, as quais constituem exercícios mentais que estimulam a manipulação das ideias como meio de construir conhecimento.

O computador pode ser usado quer como meio alternativo, quer para substituir determinadas fases do trabalho experimental. A simulação em computador pode, por exemplo, viabilizar o estudo da acção de factores e inibidores da actividade enzimática, proporcionando o programa de “software” diferentes concentrações das substâncias intervenientes, que permitirão aos alunos fazer previsões, construir e reconstruir o conhecimento, formular hipóteses e testá-las, sem as restrições de uma folha tipo protocolo experimental ou das directivas do professor. Por exemplo, as experiências de genética requerem muitas gerações de indivíduos com o objectivo de estudar a transferência das características hereditárias e, por simulação em computador na aula, é possível prever resultados e analisar proporções fenotípicas. A simples construção de bases de dados estimula os alunos a tomarem decisões, proporcionando compreensão conceptual.

Convém, no entanto, salientar que as actividades de manipulação são bases sólidas para uma experiência pessoal. Se o conhecimento conceptual pode ser construído por actividades de

aprendizagem diversificadas (e.g. pesquisa bibliográfica, visitas de estudo, aulas de campo, etc.), o conhecimento processual que lhe deu origem, e do qual não pode ser dissociado, só poderá ser construído com a actividade experimental.

Torna-se, pois, necessário implementar actividades com diferentes graus de abertura⁶, em que a negociação da iniciativa do planeamento deve ser realizada entre o professor e o aluno. Nas tarefas abertas, para além destas poderem ter mais do que uma possível solução (usualmente centrada mais nos processos que nos conteúdos), o professor deverá proporcionar a oportunidade para negociar diferentes soluções com os alunos.

Mas o que vulgarmente sucede é que a epistemologia empirista e o quadro da psicologia behaviorista se repercutem no(s) modelo(s) de TP em sala de aula, concebido(s), sobretudo, como actividade centrada na ilustração, verificação ou descoberta de conceitos, a partir de factos fornecidos pela experiência ou de fenómenos observados. O modelo clássico de TP assim estruturado transmite uma imagem facilitadora e incorrecta do acesso ao conhecimento dos factos científicos, reforçando a visão da Ciência como um conjunto coerente e organizado de conhecimentos que interpretam o mundo em que vivemos. A evolução entre o modelo tradicional e as concepções mais recentes tem em conta pressupostos que consideram o processo de construção do conhecimento simultaneamente pessoal e social, subjacente à epistemologia racionalista e à psicologia cognitivista. Assim, tal como a Ciência é impulsionada pela exploração e investigação para resolver problemas a partir de contextos, também esta orientação deverá estar subjacente nos novos modelos de TP (Almeida, 1995).

Reforça-se, portanto, a necessidade de planificar os trabalhos a partir do tratamento de situações problemáticas abertas, susceptíveis de mobilizarem os alunos para o desenvolvimento de um plano experimental coerente e não indicado pelo professor. Cabe a este detectar e fazer emergir problemas, integrando-os no currículo prescrito da disciplina, bem como orientar as actividades, possibilitando aos alunos a percepção da variedade de processos implicados na actividade científica.

⁶ Segundo Caamaño et al., (1994), o grau de abertura es dificuldade dos trabalhos práticos estão condicionados pela forma de enunciar o problema, a escolha do método e o número de soluções possíveis.

ANÁLISE DOS PROGRAMAS SEGUNDO A DIMENSÃO “CONTEÚDOS DE CIÊNCIAS”

Para concretizar a intenção deste estudo foi necessário tomar opções quanto aos objectivos em apreciação. Do leque possível fazem parte práticas de sala de aula, recursos didácticos, avaliação de saberes dos alunos no final da escolarização e programas oficiais, mas o acesso a cada um deles está limitado por constrangimentos de extensão e de diversidade. Neste caso, optou-se por uma análise centrada nos programas em vigor, já que eles constituem o elemento organizador, a nível nacional, de muitas das decisões dos professores e dos autores dos vários recursos didácticos disponíveis, nomeadamente dos manuais escolares.

Dado que, no currículo formal da escolaridade básica, as disciplinas tradicionais de Ciências não são as únicas que veiculam saberes do domínio da Educação em Ciências, tornou-se necessário proceder a uma apreciação cuidada, ainda que não estruturada sobre qualquer instrumento previamente definido, das linhas orientadoras consagradas nos programas de todas as disciplinas integrantes desse currículo.

Dessa apreciação resultou um elenco de disciplinas/áreas disciplinares cujos programas serão objecto de análise neste capítulo:

- Pré-Escolar — A Educação em Ciências aparece integrada na Área designada por *Conhecimento do Mundo*.
- 1º Ciclo — A Educação em Ciências aparece integrada na área designada por *Estudo do Meio*.
- 2º Ciclo — A Educação em Ciências surge como objectivo central da disciplina de *Ciências da Natureza* (nos 5º e 6º anos), embora também nas disciplinas de *Educação Visual e Tecnológica* e *Educação Física* existam conteúdos considerados pertinentes naquele domínio.
- 3º Ciclo — Educação em Ciências está consagrada na área de Ciências Físicas e Naturais, que compreende as disciplinas de Ciências Naturais (7º e 8º anos) e Ciências Físico-Químicas (8º e no 9º anos); para além desta área, aspectos importantes relativos à Educação em Ciências surgem ainda nas disciplinas de Educação Física (7º, 8º e 9º anos) e Educação Tecnológica (7º, 8º e 9º anos, em regime opcional).

Esta organização curricular revela uma lógica de crescente importância da autonomização de disciplinas tradicionalmente específicas da Educação em Ciências.

PRINCÍPIOS DA ANÁLISE

Um dos objectivos deste trabalho é identificar continuidades, rupturas e lapsos nos programas das disciplinas atrás mencionadas, concretamente no que respeita aos seus conteúdos no domínio da Educação em Ciências. Para o efeito, houve necessidade de recorrer à construção e utilização de grelhas que facilitassem uma leitura uniformizada desses programas. Tais grelhas reflectem, necessariamente, opções das autoras quanto à importância de determinados temas e conceitos de Ciências considerados fundamentais na escolaridade básica, por facilitarem a compreensão pública da Ciência.

A polémica em torno da identificação e organização dos conteúdos de Ciências que favoreçam tal perspectiva não está terminada e são várias as propostas apresentadas internacionalmente. Uma das

mais recentes é apresentada por Millar (1996), que define, como pilares fundamentais duma Ciência para todos, a organização de conceitos em torno de três áreas:

- que somos (seres vivos) e onde nos situamos (Terra e Universo);
- que existe (diversidade de materiais), como se transforma e como interage;
- como viver melhor.

Para qualquer das áreas, o leque de conceitos a incluir pode ser muito variado. Para muitos, a opção pela inclusão de mais conteúdos, como forma de superar as carências ao nível da formação, é a via escolhida. No entanto, está provado não ser a mais adequada e Millar (1996) defende mesmo a opção do “menos mas melhor”. É neste quadro referencial polémico que importa definir prioridades, o que não é tarefa fácil dada a grande variedade de propostas de organização curricular e matérias didácticas que proliferam nos diferentes países.

Podem considerar-se como fundamentais, no que respeita aos conteúdos curriculares de Ciências na escolaridade básica, aspectos práticos e aplicações tecnológicas dos conceitos, bem como alguns modelos teóricos explicativos do mundo natural. No primeiro caso está, por exemplo, o conceito de energia. Apesar da sua centralidade no campo das ideias científicas, é bem sabida a dificuldade, ao nível conceptual, da compreensão deste conceito na escolaridade básica. A opção por uma via de aplicações (como, combustíveis, circuitos eléctricos e sistemas mecânicos) constitui uma alternativa possível e, certamente, mais frutuosa do que a definição do conceito. Ao nível dos modelos teóricos explicativos, será de privilegiar aqueles que constituem modos de interpretar fenómenos naturais e de prever a sua evolução se novas condições forem criadas. Embora tais modelos não sejam o bastante para a compreensão de todas as situações-problema, eles constituem uma base imprescindível na progressão desse conhecimento. E o caso do modelo da estrutura da matéria, necessário à compreensão do conceito de reacção química que, por sua vez, vai permitir interpretar os efeitos poluidores dos gases de combustão dos veículos motorizados.

Para apreciar os programas objecto do presente estudo, na perspectiva que acaba de ser referida, foi construído um instrumento que permite “arrumar” os diversos tópicos / conceitos constantes desses programas. Começou, então, por se definir um conjunto de conceitos globalizantes transversais, tendo por base, por um lado, a sua abrangência e, por outro, a importância que assumem para o conhecimento do cidadão comum. Tal facto não deve ser entendido como proposta de organização dos programas centrada em conceitos, mas antes como um conjunto de conceitos centrais que, ao longo da escolaridade básica, deverão ser explorados.

Uma das vias hoje considerada como mais promissora, em termos de aceitação pelas camadas jovens e potencialmente mais frutífera em termos de reais aprendizagens, e a organização do currículo com base em situações-problema de relevância social, para cuja resolução seja necessário mobilizar tais conceitos centrais.

Para concretizar o instrumento de análise retomaram-se as três áreas atrás definidas (o que somos e onde nos situamos; o que existe e como se modifica; como melhorar a vida de todos e de cada um) e seleccionaram-se nove *conceitos globalizantes transversais* (CGT) considerados estruturantes dessas áreas, sem que, necessariamente, haja uma correspondência única entre áreas e conceitos e sem pretender estabelecer qualquer hierarquização entre eles (*cf.* Quadro 1). Assim, a segunda área envolve, por exemplo, a compreensão da estrutura da matéria (CGT1), das suas transformações (CGT2) e de interações em sistemas (CGT3).

Para explicitar o significado da designação atribuída aos conceitos globalizantes transversais seleccionados apresentam-se, no Quadro 1, exemplos de conteúdos programáticos típicos de cada um deles.

Quadro 1

Conceitos Globalizantes Transversais para um Currículo de Ciências na Escolaridade Básica

Conceitos Globalizantes Transversais (CGT)	Exemplos de Conteúdos Programáticos
1. Modelo de Estrutura da Matéria	Misturas, substâncias, elementos, átomos, moléculas, iões, ligação química. famílias de substâncias, modelos biológicos,...
2. Transformações da Matéria	Mudanças de estado físico, deformações, dilatações, reacções químicas (síntese, hidrólise, oxi-redução,...
3. Interações em Sistemas	Forças de contacto (atrito, forças que provocam deformação das rochas), forças à distância (interacções electromagnéticas e gravíticas), sistemas (terra/lua e terra/sol), campo (gravítico, eléctrico, magnético), lei fundamental da dinâmica, impulso, momento linear, manifestações de energia, fluxo de energia nos ecossistemas, transferências de energia, recursos energéticos, conservação/degradação de energia, calor, trabalho,...
4. Ondas e Radiações	Ondas mecânicas (sísmicas, sonoras) e electromagnéticas (luminosas), fenómenos ondulatórios (reflexão, refração, absorção, interferência, difracção, velocidade de propagação),...
5. Sistemas Eléctricos e Electrónicos	Circuitos eléctricos e electrónicos, corrente eléctrica, diferença de potencial, intensidade de corrente, resistência, componentes de um circuito (condensadores, díodos),...
6. Organização, Manutenção e Evolução dos Sistemas Vivos	Ultra-estrutura celular, divisão celular, metabolismo, fotossíntese, respiração celular, sistemas/aparelhos, regulação da temperatura, absorção, infecções, degenerescência, gene, interacção génica, genética populacional, mutação, clonagem, genética mendeliana, fósseis,...
7. Dinâmica e Homeostasia dos Ecossistemas	Níveis tróficos, teias alimentares, reciclagem, factores poluentes, impacto ambiental de algumas reacções químicas e de actividade humana (efeito de estufa, destruição da camada de ozono, reciclagem de materiais), factores climáticos,...
8. Geodinâmica Interna e Externa	Sismos, vulcões, ciclo litológico, tectónica, dobras, falhas geológicas, estratigrafia,...
9. Medição	Grandezas e unidades (tempo, tempo geológico, distância, velocidade, temperatura), dimensões, escalas,...

OPERACIONALIZAÇÃO DA ANÁLISE

O Quadro 1, concebido na lógica explicitada na secção anterior, constitui a base de leitura de cada um dos programas em análise.

A operacionalização desta tarefa envolveu duas etapas:

- correspondência entre todos os conteúdos explícitos dos programas em estudo e o(s) conceito(s) globalizante(s) transversal(is) previamente definidos;
- organização, em tabelas, dos resultados da correspondência efectuada.

Esta metodologia foi adoptada por ser eventualmente facilitadora da apreciação de continuidade, rupturas e lapsos dos programas, no que respeita aos seus conteúdos no domínio da Educação em Ciências.

Apresenta-se, a seguir (Quadros 2.0 a 2.13), o resultado da aplicação do instrumento de análise aos programas referidos no início deste Capítulo.

Quadro 2.0

*Análise dos conteúdos do Programa da Educação Pré-Escolar**

1. Modelo da Estrutura da Matéria	2. Transformações da Matéria	3. Interações em Sistemas	4. Ondas e Radiações	5. Sistemas Eléctricos e Electrónicos
<ul style="list-style-type: none">• experiências com a água• experiências com o ar		<ul style="list-style-type: none">• experiências com ímanes	<ul style="list-style-type: none">• experiências com a luz	

* Por não estar ainda oficializado um programa para a Educação Pré-Escolar, tomou-se como referência o Documento de Trabalho (2ª versão, Dez. 1996) do Departamento da Educação Básica, intitulado Orientações Curriculares para a Educação Pré-Escolar.

6. Organização; Manutenção e Evolução dos Sistemas	7. Dinâmica e Homeostasia dos Ecossistemas	8. Geodinâmica Interna e Externa	9. Medição
<ul style="list-style-type: none">• os órgãos do seu corpo• os animais, seus habitats e costumes• as plantas	<ul style="list-style-type: none">• alguns aspectos de meteorologia (vento, chuva)	<ul style="list-style-type: none">• as rochas: propriedades e sua distinção	

Quadro 2.1

Análise dos conteúdos do Programa do 1º Ciclo do Ensino Básico

1. Modelo da Estrutura da Matéria	2. Transformações da Matéria	3. Interações em Sistemas	4. Ondas e Radiações	5. Sistemas Eléctricos e Electrónicos
<ul style="list-style-type: none">• noção de conservação da capacidade / volume da água, independentemente da forma do objecto que a contém• algumas propriedades físicas da água (incolor, inodora, insípida)• materiais que flutuam na água• o efeito da água nas substâncias (molhar, dissolver, tornar moldável...)		<ul style="list-style-type: none">• duração do dia e da noite ao longo do ano	<ul style="list-style-type: none">• sons do ambiente: identificação e produção (percutindo, soprando, abanando objectos, utilizando instrumentos musicais)	

6. Organização; Manutenção e Evolução dos Sistemas	7. Dinâmica e Homeostasia dos Ecossistemas	8. Geodinâmica Interna e Externa	9. Medição
<ul style="list-style-type: none"> • as modificações do seu corpo (peso, altura...) • a sua identidade sexual • as partes constituintes do seu corpo • a comparação de si com os outros (mais novo/mais velho, mais alto/mais baixo, louro/moreno...) • normas de higiene do corpo • normas de higiene alimentar • importância de posturas correctas, do exercício físico e do repouso para a saúde • normas de vigilância da saúde • normas de prevenção de acidentes domésticos (objectos e produtos perigosos, electricidade, sinalização de perigo) • cuidados a ter com plantas e animais • manifestações da vida vegetal e animal • cores, sons e cheiros da Natureza rotos, solta o cheiros da Natureza 	<ul style="list-style-type: none"> • condições atmosféricas e seu registo 		<ul style="list-style-type: none"> • noção de conservação da capacidade/volume da água, independentemente da forma do objecto que a contém

Quadro 2.2

Análise dos conteúdos do Programa do 1º Ciclo do Ensino Básico

1. Modelo da Estrutura da Matéria	2. Transformações da Matéria	3. Interações em Sistemas	4. Ondas e Radiações	5. Sistemas Eléctricos e Electrónicos
<ul style="list-style-type: none">• a existência do ar (balões, seringas...)• o peso do ar (balões e bolas com ar e vazios)• o comportamento de objectos em presença de ar quente e frio (objectos sobre um calorífero, balões de S. João...)		<ul style="list-style-type: none">• o ar em movimento (vento, correntes de ar ...)		

6. Organização; Manutenção e Evolução dos Sistemas	7. Dinâmica e Homeostasia dos Ecossistemas	8. Geodinâmica	9. Medição Interna e Externa
<ul style="list-style-type: none"> • os órgãos dos sentidos e suas funções • as modificações no seu corpo • normas de higiene do corpo / de higiene alimentar / de higiene do vestuário / de higiene • dos espaços colectivos • cuidados a ter com a visão e a audição • importância da vacinação para a saúde • normas de prevenção rodoviária • regras de segurança na praia, nos rios, nas piscinas • algumas plantas mais comuns do meio próximo (espontâneas/cultivadas) • diferentes ambientes onde vivem as plantas • as partes constitutivas de plantas comuns (raiz, caule, folhas, flores e frutos) • variações do aspecto de um arbusto ou árvore, ao longo do ano • alguns animais mais comuns do meio próximo (domésticos/selvagens) • diferentes ambientes onde vivem os animais • características externas de alguns animais (penas, pêlos, escamas, bico, garras) • o modo de vida de alguns animais (o que comem, como se reproduzem) 	<ul style="list-style-type: none"> • as estações do ano e suas características • alguns estados do tempo (chuvoso, quente, frio, ventoso...) 		

Quadro 2.3

Análise dos conteúdos do Programa do 1º Ciclo do Ensino Básico

1. Modelo da Estrutura da Matéria	2. Transformações da Matéria	3. Interações em Sistemas	4. Ondas e Radiações	5. Sistemas Eléctricos e Electrónicos
		<ul style="list-style-type: none">• O Sol como fonte de luz e calor• as posições do Sol ao longo do dia (nascente, sul, poente)• os pontos cardeais• estrelas e planetas• os comportamentos dos materiais em presença de um íman• a magnetização de objectos metálicos• construção de uma bússola• experiências com alavancas, quebra-nozes, tesouras ...• experiências sobre equilíbrio e construção de balanças, baloiços, mobiles ...• experiências de transmissão de movimento com roldanas e rodas dentadas• experiências sobre elasticidade (molas e elásticos)• experiências de movimento com pêndulos	<ul style="list-style-type: none">• experiências com a luz para identificar fontes luminosas• a passagem da luz através de objectos transparentes (lentes, prismas, água...)• a intersecção da luz por objectos opacos (sombas)• a reflexão da luz em superfícies polidas (espelhos...)	

6. Organização; Manutenção e Evolução dos Sistemas	7. Dinâmica e Homeostasia dos Ecossistemas	8. Geodinâmica Interna e Externa	9. Medição
<ul style="list-style-type: none"> • as funções vitais do corpo humano (digestiva, respiratória, circulatória, excretora, reprodutora/sexual) • alguns órgãos dos aparelhos correspondentes e sua localização • situações agradáveis e desagradáveis e diferentes possibilidades de reacção (calor, frio, fome, conforto, dor, falta de ar...) • a importância do ar puro e do sol para a saúde • os perigos do consumo de álcool, tabaco e outras drogas • algumas regras de primeiros socorros (mordeduras de animais, hemorragias) • comparação e classificação de plantas segundo alguns critérios, tais como: cor da flor, forma das folhas, folha caduca ou persistente, comestíveis ou não... • experiências para observar formas de reprodução das plantas (geminação das sementes, reprodução por estaca...) • a utilidade das plantas (alimentação, mobiliário, fibras...) • comparação e classificação de animais segundo as suas características externas e modo de vida • alguns factores do ambiente que condicionam a vida das plantas e dos animais (água, ar, luz, temperatura, solo...) • cadeias alimentares simples • as deslocações de alguns animais (para onde vão, quando partem, quando voltam) 		<ul style="list-style-type: none"> • diferentes tipos de solo e suas características (cor, textura, cheiro, permeabilidade) • algumas das características das rochas (cor, textura, dureza) • utilidade de algumas rochas • formas de relevo existentes na região (elevações, vales, planícies) e sua representação em mapas • meios aquáticos existentes e interpretação de mapas 	

Quadro 2.4

Análise dos conteúdos do Programa do 1º Ciclo do Ensino Básico

1. Modelo da Estrutura da Matéria	2. Transformações da Matéria	3. Interações em Sistemas	4. Ondas e Radiações	5. Sistemas Eléctricos e Electrónicos
	<ul style="list-style-type: none">• experiências com alguns materiais e objectos de uso corrente• classificação dos materiais em sólidos, líquidos e gasosos• observação do comportamento dos materiais face à variação da temperatura (fusão, solidificação, dilatação...)• experiências para reconhecer a existência do oxigénio no ar (combustões)• fenómenos de condensação (nuvens, nevoeiro, orvalho) de solidificação (neve, granizo, geada), de precipitação (chuva, neve, granizo)• os efeitos da temperatura sobre a água (ebulição, evaporação, solidificação, fusão e condensação)	<ul style="list-style-type: none">• constatação da forma da Terra através de fotografias, ilustrações...• os aspectos da Lua nas diversas fases• modelo do sistema solar• experiências que permitam constatar o princípio dos vasos comunicantes• experiências sobre pressão atmosférica (pipetas, contagotas, palhinhas...)• a electrização de objectos por fricção	<ul style="list-style-type: none">• experiências sobre transmissão do som através de sólidos, líquidos e gases	<ul style="list-style-type: none">• experiências simples com pilhas, lâmpadas, fios e outros materiais condutores e não condutores• circuitos eléctricos simples: sua construção

6. Organização; Manutenção e Evolução dos Sistemas	7. Dinâmica e Homeostasia dos Ecossistemas	8. Geodinâmica Interna e Externa	9. Medição
<ul style="list-style-type: none"> • ossos e músculos do corpo humano: identificação e funções • a função da pele no corpo humano • alguns cuidados a ter com a exposição ao sol • algumas regras de primeiros socorros sobre queimaduras solares, fracturas, distensões,... • regras de prevenção de incêndios • regras de segurança anti-sísmicas 	<ul style="list-style-type: none"> • alguns factores que contribuem para a degradação do meio próximo (lixeiros, indústrias poluentes ...) • formas de promoção da qualidade do ambiente • efeitos da poluição atmosférica (efeito de estufa, rarefacção do ozono, chuvas ácidas) • importância das florestas para a qualidade do ar • algumas formas de poluição dos cursos de água e dos oceanos (esgotos, efluentes industriais, marés negras...) • algumas formas de poluição sonora (fábricas, automóveis, motos...) • alguns efeitos prejudiciais do ruído • alguns desequilíbrios ambientais provocados pela actividade humana (extinção de recursos, extinção de espécies animais e vegetais...) • a importância das reservas e parques naturais para a preservação do equilíbrio entre a Natureza e a Sociedade 	<ul style="list-style-type: none"> • a formação de lençóis de água • nascentes e cursos de água • alguns aspectos da costa (praias, dunas, cabos...) • localização de ilhas e arquipélagos em mapas • localização dos continentes e oceanos no planisfério e globo terrestre • a acção do mar sobre a costa 	

Quadro 2.5

Análise dos conteúdos do Programa do 2º Ciclo do Ensino Básico

1. Modelo da Estrutura da Matéria	2. Transformações da Matéria	3. Interações em Sistemas	4. Ondas e Radiações	5. Sistemas Eléctricos e Electrónicos
<ul style="list-style-type: none">• importância da água para os seres vivos• a água como componente dos seres vivos• água como solvente: a dissolução• solução, soluto e solvente• a qualidade da água• processos de tratamento da água: filtração, decantação, fervura e adição de produtos químicos• água potável, água salobra• estados físicos da água na Natureza (neve, gelo, geada, chuva, orvalho e nevoeiro)• identificação experimental das propriedades da água• constituição do ar e propriedades• identificação experimental das propriedades do ar	<ul style="list-style-type: none">• importância do ar para os seres vivos• importância dos gases atmosféricos na vida dos seres, na indústria e na medicina• factores que alteram a qualidade do ar• comburente, combustível e combustão			

6. Organização; Manutenção e Evolução dos Sistemas	7. Dinâmica e Homeostasia dos Ecossistemas	8. Geodinâmica Interna e Externa	9. Medição
<ul style="list-style-type: none"> • conceito de Biosfera • diversidade de seres vivos e sua interação com o meio • diversidade dos animais • relação entre as características dos organismos e ambientes onde vivem • formas e revestimentos do corpo (escamas, pele nua) • locomoção no ar, na água e no solo(marcha, corrida, salto, voo, músculos, esqueleto, articulações, garras, membrana alar, barbatanas) • regimes alimentares (carnívoro, insectívoro, herbívoro, dentes, bico, garras) • órgãos de trocas gasosas (pulmões, guelras, traqueias, pele) • reprodução (ovíparos, vivíparos, metamorfoses nos insectos e na rã) • comportamentos relacionados com a reprodução (canto, odor, cor, gestos, lutas, bailados) • influência dos factores do meio no comportamento dos animais (migração e hibernação) • diversidade nas plantas • relação dos aspectos morfológicos das plantas com a diversidade de ambientes • morfologia das plantas com flor e sem flor • tipos de raiz, caule, folha e flor • influência dos factores do meio (temperatura, luz e humidade) na diversidade das características e comportamentos das plantas • folhagem caduca e persistente • unidade na diversidade dos seres vivos • célula: morfologia e dimensões • constituintes da célula • microscópio: importância e utilização • classificação dos seres vivos em 5 reinos e identificação de alguns filós recorrendo a chaves dicotómicas simples 	<ul style="list-style-type: none"> • diversidade de seres vivos e sua interação com o meio • diversidade de ambientes, habitats e lugares incomuns onde há vida (cavernas, minas, galerias, fontes termais) • influência dos factores do meio (temperatura, luz e humidade) na diversidade das características e comportamentos das plantas • influência dos factores do meio no comportamento dos animais (migração e hibernação) • efeitos prejudiciais das actividades do homem na qualidade do solo, da atmosfera e da água • influência da poluição da água na vida dos seres vivos • importância do ar para os seres vivos • poluição do ar atmosférico • biosfera, habitat, migrações • variação dos factores do meio e sua influência no comportamento dos animais • importância da água para os seres vivos • adubação, irrigação, drenagem 	<ul style="list-style-type: none"> • rochas e minerais (granito, basalto, calcário, argila, areia, arenito, xisto) • erosão e drenagem de solos • tipos de solos 	<ul style="list-style-type: none"> • dimensões da célula e imagens ao microscópio • relação entre dimensão do objecto e dimensão da imagem ao microscópio

Quadro 2.6

Análise dos conteúdos do Programa do 2º Ciclo do Ensino Básico

1. Modelo da Estrutura da Matéria	2. Transformações da Matéria	3. Interações em Sistemas	4. Ondas e Radiações	5. Sistemas Eléctricos e Electrónicos
<ul style="list-style-type: none">• trocas nutricionais nos animais• alimento como veículo de nutrientes• transporte de nutrientes e oxigénio para as células• trocas nutricionais nas plantas• captação de água e sais minerais pelas plantas	<ul style="list-style-type: none">• conceitos de alimento, vitamina, corante, conservante• digestão• respiração celular• fotossíntese e produtos resultantes da fotossíntese• identificação do amido em folhas de plantas	<ul style="list-style-type: none">• energia nas funções vitais		

6. Organização; Manutenção e Evolução dos Sistemas	7. Dinâmica e Homeostasia dos Ecossistemas	8. Geodinâmica Interna e Externa	9. Medição
<ul style="list-style-type: none"> • processos vitais comuns aos seres vivos • trocas nutricionais nos animais • alimento como veículo de nutrientes • alimentação equilibrada, roda dos alimentos, período de validade • digestão (bolo alimentar, quimo e quilo; sucos digestivos) • órgãos do sistema digestivo do homem • tubo digestivo e regimes alimentares de animais • energia nas funções vitais • movimentos respiratórios (ar inspirado e expirado; inspiração, expiração) • sistemas respiratórios de diferentes animais • importância do sangue e dos seus constituintes • sistema circulatório e circulação do sangue • observação microscópica de capilares de membrana interdigital da rã • dissecação do coração de um mamífero • utilização de nutrientes na produção de energia • relação entre actividade fisiológica e consumo de nutrientes • produtos da actividade celular e sistemas excretores • trocas nutricionais nas plantas • captação de água e sais minerais pelas plantas • fotossíntese e factores intervenientes na actividade fotossintética • importância das plantas para o mundo vivo • reprodução humana e crescimento • sistema reprodutor (órgãos sexuais masculinos e femininos, óvulo e espermatozoide, fecundação e desenvolvimento do feto, nascimento e importância dos primeiros anos de vida) • reprodução nas plantas • observação ao microscópio de grãos de pólen • papel do vento e insectos na polinização e disseminação das sementes • reprodução das plantas sem flor • micróbios úteis e patogénicos • meios de defesa contra as agressões microbianas e prevenção da doença (vacinação, esterilização, higiene) • higiene e problemas sociais • higiene pessoal • tabagismo, alcoolismo, droga, sida 	<ul style="list-style-type: none"> • importância das plantas para o mundo vivo • plantas como fonte de alimento e de matéria prima • trocas gasosas nas plantas e qualidade do ar • fotossíntese, respiração celular e transpiração • higiene e problemas sociais • relação de harmonia consigo e com o meio • doenças relacionadas com regiões específicas e/ou actividades profissionais • principais manifestações de poluição versus integridade do meio e da saúde dos organismos • agentes poluidores do meio • conservação dos recursos da Terra 		

Quadro 2.7

Análise dos conteúdos do Programa do 2º Ciclo do Ensino Básico

1. Modelo da Estrutura da Matéria	2. Transformações da Matéria	3. Interações em Sistemas	4. Ondas e Radiações	5. Sistemas Eléctricos e Electrónicos
<ul style="list-style-type: none">• estrutura dos materiais• estrutura de elementos naturais• relação entre a estrutura dos materiais e o seu comportamento (resistência, flexibilidade, absorção)• estruturas das formas• as formas e os factores que as condicionam• textura, cheiro e brilho dos materiais• características dos materiais e seu armazenamento	<ul style="list-style-type: none">• transformação de matérias primas em materiais• reciclagem de materiais• modificação das propriedades dos materiais sob o efeito de alguns agentes• extracção de matérias-primas	<ul style="list-style-type: none">• peso de um corpo• movimento e imobilidade como resultado de "um jogo de forças"• gravidade• produção de movimento• fontes de energia e recursos energéticos• fontes de energia renováveis• forma de energia: (mecânica, cinética, potencial, luminosa, electroquímica, electromagnética, etc.)• desperdícios de energia• transformação de energia (sol, vento, desníveis de água, combustíveis)• a luz• a natureza da cor• influência da luz na percepção da cor, da textura ou da dimensão de um objecto	<ul style="list-style-type: none">• energia• utilização de fontes de energia renováveis• luz• natureza da cor• mistura de cores• influência da luz na percepção da cor, da textura ou da dimensão de um objecto	

6. Organização; Manutenção e Evolução dos Sistemas	7. Dinâmica e Homeostasia dos Ecossistemas	8. Geodinâmica Interna e Externa	9. Medição
			<ul style="list-style-type: none">• linguagem e representação gráfica• espaços bi e tridimensionais• relatividade das posições dos objectos e sua representação gráfica• processo de medição• método de medição• unidades de medida• instrumentos de medição (fita métrica, transferidor, balança, dinamómetro, relógio, pirómetro)• formas expeditas de medição (passo, pé, palmo, bitola)

Quadro 2.8*Análise dos conteúdos do Programa do 2º e 3º Ciclos do Ensino Básico*

1. Modelo da Estrutura da Matéria	2. Transformações da Matéria	3. Interações em Sistemas	4. Ondas e Radiações	5. Sistemas Eléctricos e Electrónicos
		<ul style="list-style-type: none">• movimento• deslocamento• direcção• velocidade• força• força resistente• flexibilidade		

6. Organização; Manutenção e Evolução dos Sistemas	7. Dinâmica e Homeostasia dos Ecosistemas	8. Geodinâmica Interna e Externa	9. Medição
<ul style="list-style-type: none">• regras de higiene e segurança pessoal• factores de saúde e risco (associados à prática de actividades físicas)• adaptações morfológicas e funcionais para a compreensão de factores de aptidão física	<ul style="list-style-type: none">• poluição (factor limitativo da aptidão física e da prática de modalidades de cultura física)		

Quadro 2.9

Análise dos conteúdos do Programa do 3º Ciclo do Ensino Básico

1. Modelo da Estrutura da Matéria	2. Transformações da Matéria	3. Interações em Sistemas	4. Ondas e Radiações	5. Sistemas Eléctricos e Electrónicos
	<ul style="list-style-type: none">• ciclo de materiais• recursos não renováveis• reciclagem	<ul style="list-style-type: none">• a terra no espaço• sistema solar• vulcões• sismos• génese das rochas sedimentares• erosão• carvões, petróleo• mobilidade da litosfera• recursos energéticos• luz• temperatura• recursos renováveis (energia eólica, solar...)	<ul style="list-style-type: none">• sismos	

6. Organização; Manutenção e Evolução dos Sistemas	7. Dinâmica e Homeostasia dos Ecossistemas	8. Geodinâmica Interna e Externa	9. Medição
<ul style="list-style-type: none"> • a Terra e a sua história • os fósseis como indicadores de idade e de ambientes • população 	<ul style="list-style-type: none"> • interferência do Homem no ecossistema • utilização de recursos energéticos, hídricos, biológicos • recursos renováveis e não renováveis • recursos naturais • reciclagem de materiais • parques e reservas naturais • espécies protegidas • comunidade, população, relações intra-específicas • predação, parasitismo, mutualismo, comensalismo • factores abióticos • biótopo • temperatura, humidade • constituição do substrato • autotrófico e heterotrófico • produtor, consumidor, decompositor • nível trófico • cadeia alimentar, teia alimentar • plâncton, micro-flora • ecossistema 	<ul style="list-style-type: none"> • agentes internos modificadores do globo terrestre • vulcão, chaminé, cratera, magma, lava, piroclastos • sismo, sismógrafo, sismograma, epicentro, hipocentro, intensidade sísmica, escala de Mercalli • rocha magmática, rocha vulcânica, rocha plutónica, rocha vítrea, rocha cristalina, rocha sedimentar, rocha metamórfica • erosão, transporte, sedimentação, diagénese, estrato • carvões e petróleos • factores abióticos • metamorfismo, factores de metamorfismo • deposição de sedimentos e sua idade relativa • movimentos e deformações da superfície terrestre • deriva dos continentes • morfologia dos fundos oceânicos • mobilidade da litosfera • variação do contorno dos continentes e formação dos oceanos • plataforma continental, talude, dorsal oceânica, rifte, fossa oceânica, litosfera, placa litosférica 	<ul style="list-style-type: none"> • idade da Terra • fóssil e princípio da sobreposição • sucessão ecológica

Quadro 2.10*Análise dos conteúdos do Programa do 3º Ciclo do Ensino Básico*

1. Modelo da Estrutura da Matéria	2. Transformações da Matéria	3. Interações em Sistemas	4. Ondas e Radiações	5. Sistemas Eléctricos e Electrónicos
<ul style="list-style-type: none">• alimento, nutriente• glicido, lípido• prótido• vitamina• enzima• hormonas	<ul style="list-style-type: none">• digestão, assimilação, metabolismo (anabolismo e catabolismo)• respiração celular	<ul style="list-style-type: none">• pressão arterial• metabolismo (anabolismo e catabolismo)• assimilação• respiração celular• fermentação• influxo nervoso		<ul style="list-style-type: none">• influxo nervoso

6. Organização; Manutenção e Evolução dos Sistemas	7. Dinâmica e Homeostasia dos Ecossistemas	8. Geodinâmica Interna e Externa	9. Medição
<ul style="list-style-type: none"> • digestão, movimentos peristálticos, sucos digestivos, enzimas • absorção, válvulas coniventes, vilosidades, vasos quilíferos e capilares • assimilação, metabolismo, fermentação e respiração celular • circulação sistémica e pulmonar • miocárdio, pericárdio, sístole, diástole, ritmo cardíaco, pressão arterial, pulsações • linfa circulante, linfa intersticial, gânglios linfáticos • diapedese, fagocitose, imunidade • alvéolos pulmonares, difusão • uretra, bexiga, ureteres, zonas cervical e medular, tubo urinifero, capsula de Bowman, glomérulo de Malpighi • excreção, filtração e secreção • encéfalo, espinal medula, fibra nervosa, nervos sensitivos e motores, neurónio • influxo nervoso e sinapse • actos reflexos e voluntários, receptor • glândula endócrina e hormonas • ciclos sexuais • fecundação a gâmetas • fertilidade, contracepção, doenças venéreas, sida, hepatite 			

Quadro 2.11

Análise dos conteúdos do Programa do 3º Ciclo do Ensino Básico

1. Modelo da Estrutura da Matéria	2. Transformações da Matéria	3. Interações em Sistemas	4. Ondas e Radiações	5. Sistemas Eléctricos e Electrónicos
<ul style="list-style-type: none"> • natureza cinético-corpúscular da matéria • estados físicos: sólido, líquido e gasoso • unidade estrutural • átomo, moléculas e iões • colisões moleculares • substâncias e misturas de substâncias • misturas homogéneas e heterogéneas • dispersões coloidais • solução, soluto e solvente • solução concentrada e solução diluída • pressão de gases • carga eléctrica • densidade • ponto de fusão, ponto de solidificação e ponto de ebulição • critérios de pureza • técnicas de separação de substâncias de uma mistura: filtração, centrifugação, cristalização, extracção por solvente, cromatografia e destilação • condutibilidade e eléctrica dos materiais 	<ul style="list-style-type: none"> • transformações físicas e químicas • mudança de estado • reacção química • colisões moleculares • condições para a ocorrência de reacções químicas (luz, activação térmica, activação mecânica) • reacções endotérmicas e exotérmicas • electrólise • reagentes e produtos • reacções de combustão • reacções de ácido-base • indicadores de ácido-base • processos industriais • reacções de precipitação • estalactites e estalagmites nas grutas 	<ul style="list-style-type: none"> • força de atracção universal • campo gravítico • peso de um corpo • forças gravíticas exercidas por diferentes planetas sobre um mesmo corpo à sua superfície • imponderabilidade • movimentos e órbitas planetárias • sistema solar • estrelas, planetas, cometas, satélites, constelações, galáxias • fases da lua • eclipses • satélites naturais e artificiais • campo magnético terrestre • interacções magnéticas (atrações e repulsões) • pólos magnéticos • orientação pela bússola • separação das substâncias de uma mistura por magnetização • efeito magnético da corrente eléctrica • electroíman • atracção e repulsão eléctrica • fonte e receptor de energia • produção, distribuição e utilização da electricidade • combustão como fontes de energia • transferência de energia • calor e temperatura • variação da temperatura nas reacções químicas • reflexão e refração do som e da luz 	<ul style="list-style-type: none"> • ondas mecânicas (transversais e longitudinais) • tina de ondas • ondas estacionárias • interferência de ondas • comprimento de onda • luz e visão • radiações electromagnéticas (u.v., i.v., microondas, ondas de rádio e TV, raios X) • luz visível • espectro electromagnético • funcionamento do espectroscópio • reflexão e refração da luz • radiação monocromática • funcionamento do olho humano • defeitos de visão • lentes convergentes e divergentes • vergência de uma lente • imagens reais e virtuais • espelhos planos e curvos • uso de óculos e lupa • cor de objectos • funcionamento da máquina fotográfica • corpos luminosos e iluminados • eclipses • raios laser • redes de difracção • fibras ópticas • funcionamento do microscópio, telescópio, projector de diapositivos • propagação do som e da luz • frequência e amplitude de uma vibração • altura, intensidade e timbre do som • funcionamento do diapasão, microfone e altifalante • fonte sonora • ressonância e eco • ultra-sons • audiograma • espectro sonoro • caixa de ressonância e sonómetro • efeito térmico e luminoso da corrente eléctrica • díodos emissores de luz (LED) 	<ul style="list-style-type: none"> • circuito eléctrico • modelo da instalação eléctrica de uma casa • gerador e pilha • electroíman • corrente contínua e alternada • fusíveis e disjuntores • funcionamento de alguns aparelhos eléctricos doméstico • frequência da corrente alternada • transformador • osciloscópio • díodos emissores de luz (LED)

6. Organização; Manutenção e Evolução dos Sistemas	7. Dinâmica e Homeostasia dos Ecosistemas	8. Geodinâmica Interna e Externa	9. Medição
			<ul style="list-style-type: none">• dimensão das unidades estruturais da matéria• unidades S.I.: volt, watt, hertz, newton, quilograma, ohm (e múltiplos)• unidades de distância em astronomia: unidade astronómica, anos-luz e parsec• medição do peso e da massa de um corpo• medição de grandezas físicas e eléctricas (intensidade da corrente, d.d.p., resistência)• escalas e gráficos• relação das dimensões imagem-objecto em aparelhos ópticos

Quadro 2.12

Análise dos conteúdos do Programa do 3º Ciclo do Ensino Básico

1. Modelo da Estrutura da Matéria	2. Transformações da Matéria	3. Interações em Sistemas	4. Ondas e Radiações	5. Sistemas Eléctricos e Electrónicos
<ul style="list-style-type: none"> • átomos (dimensões e constituição) • prótons, electrões e neutrões • iões • massa dos átomos, massa atómica relativa • elementos químicos e isótopos • n° atómico, n° de massa • moléculas (constituição) • massa de moléculas, massa molecular relativa • ligação química (ligação covalente, iónica e metálica) • ligações covalentes simples, duplas e triplas • representação simbólica das ligações químicas • forças intermoleculares (ligações de hidrogénio na água) • sólidos e líquidos (modelos) • elementos químicos nos seres vivos • compostos de carbono • proteínas, gorduras e hidratos de carbono • compostos orgânicos (com interesse industrial e como produtos de consumo) • substâncias elementares e compostas • tabela periódica dos elementos químicos (grupo, famílias e períodos) 	<ul style="list-style-type: none"> • mudanças de estado físico (fusão, solidificação, evaporação, condensação) • ciclo hidrológico • variações de pressão de um gás com a temperatura e com o volume • variações do volume de um gás com a temperatura (a pressão constante) • variações da densidade do ar com a temperatura • entalpia de fusão • poluição atmosférica • reacções de oxidação-redução relevantes na interpretação de fenómenos de importância industrial, biológica, alimentar e ambiental • hidrocarbonetos como combustíveis • enzimas e biotecnologia • hidrogenação de hidrocarbonetos insaturados • reacções com interesse bioquímico: amido com açúcar, sacarose em glicose mais frutose, fotossíntese • transformação nuclear 	<ul style="list-style-type: none"> • sistema de forças • equilíbrio instável, estável e indiferente de um corpo apoiado • centro de gravidade de um corpo • princípio da inércia • movimento uniforme e rectilíneo • velocidade média e instantânea, atrito • aceleração e aceleração média • lei fundamental da dinâmica • momento linear e princípio da conservação do momento linear • impulsão, princípio de Arquimedes • pressão • interacção electrostática (carga eléctrica, electrização, indução electrostática, distribuição de cargas à superfície de um condutor, poder das pontas) • sistema, fonte e receptor • transferência de energia (condução, convecção e radiação) • potência • rendimento • energia cinética e potencial • trabalho de uma força • fontes primárias e secundárias de energia • central hidroeléctrica • central termoeléctrica • energia eléctrica e circuitos • • equilíbrio térmico, calor • capacidade térmica mássica • • condutividade térmica • • princípio da conservação da energia • degradação da energia 	<ul style="list-style-type: none"> • radiação ionizante • isótopos radioactivos • radiação cósmica • radiação α, β, γ, raios X; poder penetrante das radiações α, β, e dos raios X • declínio radioactivo • actividade de uma fonte radioactiva • desintegração radioactiva, período de semi-desintegração • dose de radiação absorvida e dose de radiação equivalente • energia nuclear 	<ul style="list-style-type: none"> • circuitos eléctricos • circuitos electrónicos e seus componentes (transistor, LDR, NTC, diodo, condensador, potenciómetro e LED, transdutores de entrada e de saída)

6. Organização; Manutenção e Evolução dos Sistemas	7. Dinâmica e Homeostasia dos Ecossistemas	8. Geodinâmica Interna e Externa	9. Medição
	<ul style="list-style-type: none"> • reacções químicas e ambiente (tráfego rodoviário e aéreo) • efeitos da radiação ionizante nos seres vivos • irradiação e contaminação • energia nuclear: vantagens e desvantagens • absorção e reflexão de radiação • efeito de estufa • buraco do ozono • atmosfera, estratosfera, pressão atmosférica, centros de altas e baixas pressões, superfícies frontais, massa de ar, isóbaras e isotérmicas • satélites meteorológicos, previsão do tempo • degradação da energia • utilização intensiva da energia com base nos recursos não renováveis e seu impacto • crise de energia • elementos químicos nos seres vivos • enzimas e biotecnologia • fotossíntese 		<ul style="list-style-type: none"> • grandezas físicas e unidades • grandezas escalares e vectoriais • medição, medida, instrumentos de medida • medição directa e indirecta de grandezas físicas: comprimento, tempo, velocidade, aceleração, momento linear, força, trabalho de uma força, energia, potência, volume, massa, densidade, massa atómica relativa, massa molecular relativa, quantidade de substância, concentração de uma solução, pressão, pressão atmosférica, humidade absoluta e relativa, temperatura, capacidade térmica mássica, coeficiente de condutividade térmica superficial exterior, actividade de uma fonte radioactiva, dose de radiação equivalente • escalas de medição • representações gráficas e organização de dados em tabelas

Quadro 2.13

Análise dos conteúdos do Programa do 3º Ciclo do Ensino Básico

1. Modelo da Estrutura da Matéria	2. Transformações da Matéria	3. Interações em Sistemas	4. Ondas e Radiações	5. Sistemas Eléctricos e Electrónicos
<ul style="list-style-type: none">• materiais inorgânicos (vidro, metal, cimento), orgânicos (papel, madeira, pele) e sintéticos (acrílico, poliestireno, poliuretano)• a forma dos objectos: relação com a sua constituição	<ul style="list-style-type: none">• processos de obtenção e tratamento das matérias primas• propriedades dos materiais (cor, textura, tenacidade, elasticidade, condutibilidade) e modificação quando sujeitos à acção de agentes externos• reciclagem de materiais	<ul style="list-style-type: none">• fontes de energia renováveis e não renováveis• utilização de energia directa e transformada• relação energia/trabalho/rendimento• emissão e recepção de som	<ul style="list-style-type: none">• emissão e recepção de som• vibrações elásticas• transformação de vibrações electro-magnéticas em mecânicas e vice-versa	<ul style="list-style-type: none">• condutores, isoladores• circuitos eléctricos• normas de segurança em circuitos eléctricos

6. Organização; Manutenção e Evolução dos Sistemas	7. Dinâmica e Homeostasia dos Ecosistemas	8. Geodinâmica Interna e Externa	9. Medição
	<ul style="list-style-type: none"> • recursos energéticos e ambiente • extração de matérias primas e impacto ambiental • factores ambientais (e outros) que intervêm num sistema de produção 		<ul style="list-style-type: none"> • métodos e técnicas de medição • medição por estimativa e com aparelhos de medição • erros sistemáticos e erros acidentais • medição de comprimento e de área de superfícies regulares e irregulares • sistemas de medida e convenções internacionais • instrumentos de medição, suas características e utilização (balança, paquímetro, cronógrafo, micrómetro, multímetro, dinamómetro, etc.) • normalização e controlo de qualidade de materiais e objectos

ANÁLISE DOS PROGRAMAS SEGUNDO AS DIMENSÕES “CONCEPÇÕES ALTERNATIVAS”, “PERSPECTIVA CTS”, “RESOLUÇÃO DE PROBLEMAS” E “TRABALHO PRÁTICO”

Para consecução do segundo objectivo deste trabalho – apreciar a importância atribuída às dimensões acima referidas nos actuais programas de escolaridade básica que veiculam saberes do domínio da Educação em Ciências – adoptou-se a metodologia a seguir descrita.

Dado que essas dimensões não estão explicitamente referenciadas na quase totalidade dos programas em estudo, considerou-se mais útil proceder à sua apreciação segundo áreas disciplinares e/ou agrupamentos de disciplinas que apresentam continuidade inter-ciclos. Assim, surgem como unidades de análise*:

- programas de “Estudo do Meio” (1º CEB);
- programas de “Ciências da Natureza” (2º CEB) e “Ciências Naturais” (3º CEB);
- programas de “Educação Visual e Tecnológica” (2º CEB) e “Educação Tecnológica” (3º CEB);
- programa de “Ciências Físico-Químicas” (3º CEB).

Para cada uma destas unidades, a análise incidiu sobre os documentos oficiais, nomeadamente sobre as secções de introdução, finalidades, orientações metodológicas e avaliação definidas em cada programa.

PROGRAMA DE "ESTUDO DO MEIO" (1º CEB)

As preocupações e perspectivas sobre a importância e necessidade de inclusão das dimensões em estudo não estão suficientemente evidenciadas neste programa. Se é certo que nele se insiste bastante na necessidade de valorizar a aprendizagem das realidades vividas e experienciadas pelas crianças, não é claro que se deva ler em consideração a natureza de tais conhecimentos como ponto de partida para as estratégias de ensino a utilizar.

Não existe, em todo o programa, qualquer referência explícita, ou mesmo chamada de atenção, ao problema das *Concepções Alternativas*, quer no que respeita à sua natureza e ao seu levantamento junto das crianças para os diversos temas, quer ainda quanto às estratégias de superação de obstáculos de índole cognitiva por elas criados.

Dado que as situações vividas pelas crianças são veículos privilegiados para o desenvolvimento de concepções alternativas e não sendo estas exploradas no sentido da sua desconstrução/reconstrução pelo professor, o apelo a essas situações do quotidiano pode mesmo transformar-se no reforço de interpretações não adequadas dos conceitos em estudo. Como exemplo, veja-se o tema da “flutuação de objectos em meios líquidos”. Uma das frequentes concepções identificadas na literatura consiste na ideia de que *um objecto flutua por ser leve*. Se o programa não propuser, explicitamente, a organização de actividades que permitam à criança confrontar-se com situações onde objectos mais

* O programa de "Educação Física" (2º CEB) não foi considerado nesta análise pelo facto de a lógica da sua construção ser a da Educação Físico-Motora e não a da Educação em Ciências. Esta lógica não invalidou, contudo, que se tivesse feito a apreciação segundo a dimensão “Conteúdos da Ciências”.

leves (de menor massa) não flutuam e objectos mais pesados (de maior massa) flutuam. dificilmente as crianças aceitarão que a massa do objecto não é o único factor determinante da flutuação.

Sabendo-se, hoje, que as concepções alternativas são persistentes nos indivíduos e resistentes ao próprio ensino formal, o programa considerado dificilmente evitará a sua perpetuação. A omissão desta problemática é tanto mais injustificada quanto a literatura nacional e internacional é hoje vastíssima em relação aos vários conceitos do programa e a estes níveis etários.

No que respeita à dimensão *Perspectiva CTS*, o programa não lhe faz qualquer referência explícita. O que nele se diz é que “os alunos irão aprofundar o seu conhecimento da Natureza e da Sociedade, cabendo aos professores proporcionar-lhes os instrumentos e as técnicas necessárias para que eles possam construir o seu próprio saber de forma sistematizada”. Para além disto, pode ler-se no programa que “é ainda no confronto com os problemas concretos da sua comunidade e com a pluralidade das opiniões nela existentes que os alunos vão adquirindo a noção da responsabilidade perante o ambiente, a sociedade e a cultura em que se inserem...”

Também nos princípios orientadores do programa, quando é referido que os professores podem alterar a ordem dos conteúdos e associá-los, de forma a respeitar os interesses dos alunos e as características do meio local, estamos perante uma possível abertura para abordagens centradas na definição de problemas de interesse pessoal, social e local, o que constitui um princípio preconizado pela abordagem CTS. O mesmo acontece nos objectivos gerais propostos, quando um deles se apresenta como “identificar problemas concretos relativos ao seu meio e colaborar em acções ligadas à melhoria do seu quadro de vida”.

Essa abertura é, contudo, posta em causa com a organização dos conteúdos em blocos compartimentados, segundo uma lógica muito pouco consentânea com aquela abordagem. Refira-se, a este propósito, a total omissão de apresentação de situações problema de cariz societal, organizadoras do desenvolvimento dos conceitos em causa, o que é particularmente fácil de conceber para questões dos domínios do ambiente, da saúde e do consumo.

Embora estas sejam temáticas constantes do programa, quase se restringem à enumeração avulsa de aspectos/contéudos nem sempre claramente com elas relacionados. Como exemplo, atente-se no conteúdo do 2º ano “Os aspectos físicos do meio local”, inserido no bloco “À descoberta do ambiente natural”. Quando, no programa, se explicitam os tópicos desse conteúdo, não se vislumbra uma relação clara entre, por exemplo, “o tempo que faz”, “as estações do ano” ou “a existência do ar” com “aspectos físicos do meio local”. Seria fácil conceber, para este conteúdo, uma questão problema sobre o meio local, onde se tornasse importante compreender a inter-relação entre este, as suas características físicas e o tempo que aí faz. Tal abordagem contribuiria para que as crianças comesçassem a perceber a diversidade de clima no seu país e a relacionem-na com aspectos da qualidade de vida.

Considerando os blocos “À descoberta de si mesmo”, “À descoberta do ambiente natural” e “À descoberta das inter-relações entre a Natureza e a Sociedade”, não parece que a sua separação favoreça aprendizagens sobre a relação de facto existente entre o indivíduo, o ambiente natural e a sociedade de que ele faz parte. Por exemplo, o tema “qualidade do ambiente” é referido no último bloco, para o 4º ano. Neste mesmo ano, é no primeiro bloco que se prevê a abordagem de aspectos relativos ao “corpo e sua segurança” e é no segundo bloco que os “aspectos físicos do meio”, em particular os referentes ao ciclo da água, são discutidos. Os “ingredientes” dispersos ao longo destes três blocos, para um mesmo ano, não são impeditivos e podem até considerar-se potencialmente propiciadores da selecção de temas abrangentes que os utilizem. Mas tal só terá lugar se os professores gerirem o programa de forma bem diferente da preconizada no documento oficial que o suporta.

Sendo esta perspectiva, do nosso ponto de vista, de importância inquestionável no que respeita às finalidades da Educação em Ciências, ela é, por certo, também defensável no quadro da psicologia

da aprendizagem nestas idades, ao recomendar que os temas em estudo devem suscitar o interesse das crianças e serem por elas sentidos como úteis.

No que respeita à dimensão *Trabalho Prático*, os princípios orientadores do programa referem-se à importância «...do contacto directo com o meio envolvente, da realização de pequenas investigações e experiências reais na escola e na comunidade». Também constitui um objectivo geral do programa “utilizar alguns processos simples de conhecimento da realidade envolvente (observar, descrever, formular questões e problemas, avançar possíveis respostas, ensaiar, verificar), assumindo uma atitude de permanente pesquisa e experimentação».

Estes enunciados parecem reflectir alguma preocupação com aspectos inerentes à actividade científica em sala de aula, sem que, contudo, se faça qualquer alusão a possíveis abordagens metodológicas orientadas para esse fim. Com efeito, ao propor-se a realização de experiências pode ter-se, como ponto de partida, um referencial de aprendizagem “por descoberta” ou “construtivista”. Não é a realização de experiências, em si mesma, que conduz à melhoria do sucesso das aprendizagens, mas sim o modo como essas experiências são concebidas, o envolvimento dos alunos em todas as etapas (incluindo a sua concepção) e as intenções por que se levam a cabo.

Que respostas dá o programa, ao sugerir a realização de “experiências com...”, a questões fundamentais na construção do conhecimento, nomeadamente a de “experiências para quê”? Só depois de enunciar claramente o que se pretende com as actividades experimentais no âmbito de um programa é que deve propor-se a realização de experiências concretas. Isto porque as finalidades do trabalho prático podem envolver somente o desenvolvimento de competências de manuseamento de objectos, ou podem pretender que essa manipulação conduza a observações sistematicamente organizadas, que dêem resposta a uma questão previamente identificada. Será esta última intenção que orientará para a definição de hipóteses, para a escolha de variáveis a testar, para o desenho da experiência com controlo de variáveis e para as observações que, em tal contexto, podem originar dados úteis para a validação da hipótese de partida.

É nesta linha que também o trabalho prático poderá contribuir para estabelecimento do conflito cognitivo necessário à desconstrução de algumas das concepções alternativas tão típicas destas idades, nomeadamente no que respeita à maioria dos conceitos que o programa abrange. Por exemplo, nas experiências com a água ensaiam-se técnicas de filtração para que os alunos verifiquem que o filtrado é menos turvo que a mistura inicial, podendo até ser totalmente límpido por filtrações sucessivas. Se outra preocupação não existir, as crianças poderão pensar que, através da filtração, é possível separar tudo o que existe na água, admitindo que a filtração separa mesmo o que está dissolvido. Só com a consciência sobre esta tão vulgar concepção das crianças é que os professores irão organizar actividades conducentes à verificação, pelas próprias crianças, de que, por exemplo, após a filtração de uma água com sal dissolvido, o filtrado continua salgado.

São várias as situações do programa em que é paradigmática a contradição entre princípios orientadores e que o nele é concretamente proposto. Com efeito, “realizar experiências com a água”, “...com o ar”, “... com a luz”, “... com ímanes”, “... com a electricidade”, “... com materiais e objectos de uso corrente” não é mais do que uma listagem de possíveis experiências avulsas, sem enquadramento teórico que as fundamente e as justifique em termos da sua utilidade na educação científica dos alunos. Será, por exemplo, possível que a criança possa compreender (ou simplesmente aceitar) que se está a “produzir electricidade” quando se procede à “fricção entre objectos”?

Da mesma forma, que conhecimento acrescenta “realizar experiências simples com pilhas, lâmpadas, fios e outros materiais condutores e não condutores” se essas experiências não forem precedidas de questões que lhes dêem sentido? Por exemplo, não seria de interesse, para a formação dos alunos, perceberem por que razão é perigoso terem um fio descarnado na instalação eléctrica em suas casas? Talvez, então, a distinção entre materiais condutores e não condutores passasse a ser relevante nas suas práticas quotidianas.

Quando, no mesmo conteúdo, se propõe “construir circuitos eléctricos simples (alimentados por pilhas)”, que valor educativo estará aqui subjacente? Na perspectiva de trabalho científico, a construção de circuitos eléctricos, mesmo que realizada pelos alunos (para desenvolvimento de competências manipulativas), representa somente um meio para operacionalmente estes poderem distinguir entre materiais mais e menos condutores de corrente eléctrica, constituintes dos objectos ensaiados.

Em suma, a análise do programa não fornece quaisquer indicadores, ainda que implícitos, que legitimem preocupações de índole racionalista e construtivista do e do conhecimento.

PROGRAMAS DE "CIÊNCIAS DA NATUREZA" (2º CEB) E "CIÊNCIAS NATURAIS" (3º CEB)

A apreciação do programa do 2º CEB à luz da dimensão *Concepções Alternativas* permite apenas considerá-la como implícita nas orientações metodológicas quando, por exemplo, é referido que se devem tomar como ponto de partida os conhecimentos prévios dos alunos. Ora, nas situações de ensino-aprendizagem de um qualquer tópico programático, há sempre uma multiplicidade de conceitos mobilizados e, como tal, dever-se-á prever a interferência de concepções alternativas com eles relacionados. Assim, por exemplo, a “Nutrição das Plantas” envolve, entre outros, os conceitos de ser vivo, animal, planta, alimento, energia e fotossíntese, cada um deles associado a várias concepções alternativas.

Uma concepção intuitiva, bastante frequente e persistente no que respeita à nutrição das plantas, é que estas adquirem o seu alimento do ambiente, especificamente do solo, sendo as raízes os órgãos da planta implicados neste processo de alimentação, o que o assemelha ao da alimentação dos animais. Também o facto de as crianças saberem que a absorção da água é fundamental para a sobrevivência e crescimento das plantas às pode levar a pensar que ela é a principal responsável pelo processo, o que representa outra concepção muito frequente (Driver et al., 1994). À medida que a instrução formal prossegue, os alunos aprendem que, para além da água, as plantas absorvem dióxido de carbono e sais minerais, o que lhes pode sugerir que estas substâncias são alimentos. Aliás, tal ideia é diariamente reforçada pela frequente referência publicitária à fertilizantes como sendo um “alimento para plantas”. O que importaria salientar junto dos alunos é que o alimento das plantas não é adquirido directamente do exterior, mas antes é sintetizado pelas próprias plantas a partir do dióxido de carbono e da água.

A omissão da influência das concepções alternativas dos alunos nas aprendizagens em sala de aula é tanto mais problemática quanto é conhecida, através da literatura, a diversidade de ideias intuitivas e alternativas para quase todos os tópicos do programa. Por exemplo, no que respeita às “Trocias nutricionais entre o organismo e o meio”, muitos alunos consideram que o estômago é o órgão central no processo digestivo e que o intestino é o receptor das substâncias a eliminar (Duarte e Faria, 1992). Quanto à “fotossíntese”, muitos alunos entendem que a partir de um gás (dióxido de carbono) e de um líquido (água) não é possível originar sólidos (hidratos de carbono).

Em suma, o facto de o programa não explicitar a preocupação que os professores devem ter com as ideias prévias dos alunos não ajudará a estabelecer a ponte entre o conhecimento de senso comum e o conhecimento científico que a escola deve veicular.

Quanto aos documentos oficiais do 3º ciclo, estão expressas algumas orientações sobre a necessidade de reformular a metodologia do processo de ensino-aprendizagem relativamente aos padrões tradicionais” e apela-se, embora nem sempre de forma explícita, à adopção de perspectivas construtivistas. Nesses documentos, são feitas breves referências à importância de privilegiar a compreensão da natureza do conhecimento científico, de permitir a formulação e a resolução de problemas e de valorizar o trabalho experimental.

No que respeita às concepções alternativas, encontram-se referências, embora pouco explícitas, nas orientações metodológicas (por exemplo, ... de modo a possibilitar ao aluno a estruturação conceptual, tomando como ponto de partida os conhecimentos prévios”), bem como na secção de avaliação (“... têm muito interesse os dados que se referem aos processos mentais utilizados pelos alunos, reveladores da natureza das representações ou das estratégias que elaboram”).

Face ao enquadramento teórico apresentado no capítulo 1 deste estudo, os documentos do 3º ciclo revelam grandes insuficiências. Por um lado, existe uma quase omissão de aspectos fundamentais numa perspectiva construtivista e, por outro, à forma implícita como os quadros teóricos são referidos exponencia o risco de os professores menos informados não compreenderem a verdadeira dimensão do que está em causa.

De concreto, os programas não apresentam qualquer referência às concepções alternativas possíveis de identificar nos alunos, nem fornecem referências bibliográficas com essa orientação. Esta situação é tanto menos aceitável quanto a investigação sobre a identificação de concepções alternativas nos alunos, no que respeita à conteúdos constantes dos programas em análise, está muito desenvolvida e divulgada. É o caso, por exemplo, da formação das rachas (Pedrinaci, 1992), da estrutura e formação do solo (Yus e Rebollo, 1993), da respiração (Bazan, 1984; Banet e Nuñez, 1990), da circulação sanguínea (Arnaudin e Mintzes, 1985), da digestão (Bastida et al., 1994; Banet e Nuñez, 1996) e da reprodução (Barragán, 1989; Gouanelle e Schneeberger, 1996).

No panorama actual da construção do currículo é impensável que as sugestões metodológicas de um programa ignorem às ideias dos alunos sobre conceitos em estudo, independentemente de nelas se considerarem ou não estratégias de mudança conceptual.

Quanto à *Perspectiva CTS*, esta pode subentender-se como orientação pouco assumida no programa de Ciências da Natureza, pois que apenas se enuncia que à compreensão da ciência deve passar pela aplicação dos conceitos na resolução de problemas da vida real. Este posicionamento representa, apenas, uma preocupação com a transferência de conhecimentos de um contexto formal (os conceitos) para um contexto real (os problemas). Ora, a orientação CTS para o ensino das Ciências parte dos problemas reais para a aprendizagem dos conceitos necessários à sua compreensão e resolução.

O enunciado dos tópicos do programa pode, em alguns casos, parecer sugerir uma abordagem pela via da *Resolução de Problemas* de interesse social, já que utiliza a forma interrogativa para os apresentar (por exemplo, no 6º ano, “como escolher os nossos alimentos?”). Só que esta pergunta aparece após um enquadramento estritamente formal, a saber, “Trocas nutricionais entre o organismo e o meio” e “Os alimentos como veículo de nutrientes nos animais”. Esta lógica subverte, por completo, qualquer organização de conteúdos consonante com o ensino CTS.

Ao nível do 5º ano, a inclusão do tópico “A qualidade da água” no tema “Importância da água para os seres vivos” é um exemplo típico de uma problemática que pode e deve ser abordada partindo de situações-problema da vida real. Os alunos poderiam ser confrontados com a questão de que o grande problema sobre a água não é o da sua quantidade à nível do planeta, mas sim o do binómio quantidade-qualidade, o que, por sua vez, diz respeito apenas à fracção reduzida que à água potável representa. A compreensão desta questão, ainda que a nível elementar, implicará então conhecimentos no domínio da interacção entre a água e os outros materiais. E através da compreensão da natureza destes e da extensão da sua solubilidade e/ou reacções químicas envolvidas que será possível interpretar à diferente qualidade da água disponível, bem como as repercussões que essa qualidade tem na vida dos seres vivos.

Já quanto aos programas de Ciências Naturais (3º CEB), o problema não reside na omissão de preocupação com este aspecto, visto que os conteúdos programáticos permitem a colocação de questões centradas em torno de problemas sociais e ambientais, para cuja compreensão à explicação científica é relevante. Seria fácil seleccionar problemáticas desse tipo, tais como: a alimentação na

actual sociedade consumista e em expansão demográfica; o conhecimento dos aspectos biológicos e fisiológicos do ser humano na sua relação com a saúde pública; à constituição da crosta terrestre e o esgotamento dos recursos naturais.

Explicitando esta última temática, não existem dúvidas de que o programa do 7º ano contempla os conceitos nela envolvidos, como o modelo da estrutura da Terra, génese e ciclo das rochas, recursos naturais renováveis e não renováveis, e sua utilização. Só que a forma como estes tópicos se encontram distribuídos pelo programa não sugere que venham a ser usados com a finalidade acima referida. Aliás, em nenhum documento programático se explicita qualquer questão-problema que venha a fazer uso dos conceitos tratados.

Algumas sugestões metodológicas existem, porém, no programa, onde se manifesta tal preocupação como, por exemplo, “a procura de soluções para a resolução de problemas relacionados com questões de natureza ambiental decorrentes da acumulação, na natureza, de materiais residuais”. Contudo, essa preocupação não é acompanhada da formulação de problemas pertinentes nesse contexto. Ora, seria possível colocar os alunos perante contextos da vida quotidiana em que tais problemáticas se tornassem legítimas num quadro de desenvolvimento pessoal e social. Por exemplo, quando o programa (7º ano) associa, na listagem de conteúdos, a acumulação de materiais residuais à necessidade de reciclagem, adopta uma perspectiva redutora na procura de soluções para problemas formulados neste domínio. Os alunos, quando confrontados com a tentativa da identificação de solução para os lixos produzidos, poderão ser induzidos a pensar que a reciclagem é a via para a sua resolução. Mas acontece que, apesar dos avanços conseguidos no tratamento industrial dos resíduos, os processos de reciclagem são apenas exequíveis nos casos em que o balanço técnico-económico-ambiental o aconselha. Com efeito, nem todos os materiais são recicláveis e, para aqueles que o são, o ciclo da reciclagem tem limites distintos (enquanto que a reciclagem do vidro se pode fazer um número ilimitado de vezes, a do papel está limitada a cerca de cinco vezes).

Também do ponto de vista económico-ambiental há questões específicas que podem constituir entraves à opção pela reciclagem, como é o caso de grandes consumos energéticos exigidos ou ainda da contaminação ambiental ocasionada (alguns papéis impressos não devem ser reciclados, porque a destintagem necessária é altamente poluidora).

Por razões deste tipo, a abordagem da reciclagem de materiais como tópico do programa deveria levantar problemas que permitissem aos alunos tomar consciência de que não há soluções únicas e completas, sendo que todas elas são complexas e geradoras de novos problemas. Esta ideia, adequada a uma escolaridade obrigatória, não está, de modo algum, explicitada ou mesmo subjacente, ao longo do programa.

O Trabalho Prático é apresentado, nos documentos programáticos, quer ao nível dos objectivos quer das orientações metodológicas, como devendo ocupar um espaço importante que possibilite ao aluno a reestruturação conceptual.

No quadro das intenções, parece-nos ser importante referir algumas dessas finalidades:

- sensibilizar para a importância da actividade experimental na elaboração das estruturas conceptuais;
- desenvolver uma metodologia experimental na abordagem dos problemas, que facilite a compreensão do mundo natural e tecnológico em que vivemos;
- consciencializar para as limitações da Ciência na resolução de problemas humanos.

No 2º CEB é referido que o aluno deve pôr em prática “algumas das actividades que caracterizam a Ciência, tais como o recurso à experiência, ao espírito crítico, ao rigor científico...” e, ao nível da avaliação, afirma-se mesmo que “a observação directa e individual desse trabalho experimental deverá ser a principal forma de avaliar”. Embora imbuído destas intenções, sempre que

o programa propõe a realização de actividades experimentais fá-lo na perspectiva orientada para a observação e a inferência de resultados. Nunca tais actividades são propostas para responder a problemas suscitados por aprendizagens anteriores, na forma de hipóteses a testar.

Quanto aos programas de Ciências Naturais no 3º CEB, recorre-se frequentemente a sugestões para realização de actividades práticas. Sucede, no entanto, que a tónica dominante dessas sugestões é a utilização da observação como ponto de partida para o estabelecimento de conclusões e, nalguns casos, até de transferências para aspectos de conteúdo distintos. Assim sucede com a sugestão da fusão do enxofre e posterior solidificação, como meio de interpretar a formação de rochas magmáticas.

O recurso à observação como ponto de partida para a realização de trabalho experimental tem vindo a ser largamente questionado por correntes epistemológicas racionalistas. À luz da nova filosofia da construção do conhecimento científico, contesta-se hoje que um currículo de Ciências seja de pendor empirista-indutivista, quer dizer, em que a observação de factos científicos dê, em si mesma, significado ao estabelecimento de interpretações ou mesmo de teorias, ignorando o estatuto epistemológico da hipótese.

Não se pretende pôr em causa a importância da observação cuidada e rigorosa durante a realização do trabalho prático. Só que a observação, para ter significado e valor, deverá inserir-se num quadro de conhecimentos anteriores e ser orientada por hipóteses.

Ora, da apreciação das sugestões metodológicas dos programas de Ciências Naturais, ressalta que a observação constitui o aspecto inicial e mais saliente da quase totalidade das actividades propostas. Veja-se, como exemplo, o caso, no 7º ano, da sugestão da “observação da acção de ácido sobre calcários...” para «ajudar à compreensão de alguns aspectos de paisagem calcária...». sendo que “se pretende essencialmente a observação dos fenómenos sem preocupação de os interpretar...”, interpretação relegada, no próprio programa, para anos posteriores e “aquando do estudo da Química”.

Antes de mais, os alunos deste nível de estudos (7º ano) não foram ainda confrontados com qualquer ideia científica sobre “ácido” e terão somente conhecimento do termo pela via informal. Além disso, e dado que nas sugestões do programa não se identifica o ácido a usar, podemos admitir que os professores venham a optar pelo ácido clorídrico ou até, como é frequente, pelo sumo de limão. Qualquer das opções não é isenta de críticas, já que pode questionar-se qual a relação entre um “ácido de laboratório” ou um “ácido comestível” e o fenómeno de modificação das paisagens calcárias.

É claro que, do ponto de vista da interpretação científica do fenómeno da degradação dos calcários, é irrelevante a natureza do ácido usado na experimentação, já que as espécies químicas envolvidas são o ião H^+ e o ião CO_3^{2-} . Não sendo este o nível de conhecimento que se exige aos alunos, não pode deixar de se questionar que, para eles, usar um ou outro ácido pode querer dizer coisas diferentes. Além disso, como poderá esperar-se que os alunos venham a reconhecer, nesta experiência em laboratório, alguma correspondência com os fenómenos naturais? É que qualquer dos ácidos considerados não “chove” sobre os calcários. Quando muito, e mesmo não entrando em linha de conta com a desarticulação temporal entre este programa (7º ano) e o de Química (8º ano), deveria constar das sugestões a recomendação do uso do ácido sulfúrico ou nítrico, já que ambos são constituintes da chuva ácida e, como tal, favorecer-se-ia a transferência do domínio de laboratório para o de vida real.

A ambiguidade que caracteriza muitas das actividades experimentais propostas é bem patente em sugestões como “através de actividades simples, investigar o modo como actuam alguns factores abióticos”, com intenção de permitir “reconhecer que as comunidades são constituídas pelos factores abióticos”. Não havendo qualquer informação complementar, é pouco provável que a maioria dos professores estabeleça, com os alunos, um quadro de hipóteses e organize um desenho experimental para a sua testagem, com controlo de variáveis.

No caso do 8º ano e, mais especificamente, no que concerne aos conteúdos da “digestão e absorção”, as sugestões apresentadas, embora não desenhadas num quadro hipotético-dedutivo, permitem uma maior aproximação ao estabelecimento de hipóteses de partida. Por exemplo, a referência explícita a algumas intenções de interpretação de resultados experimentais em sala de aula permitirá que o professor coloque, com base nessas intenções, questões prévias que ajudarão os alunos a dar sentido às actividades a levar a cabo.

PROGRAMAS DE "EDUCAÇÃO VISUAL E TECNOLÓGICA" (2º CEB) E "EDUCAÇÃO TECNOLÓGICA" (3º CEB)

Embora estes programas não sejam concebidos com uma orientação de Educação em Ciências (particularmente no caso do 2º ciclo), é curioso verificar que as quatro dimensões, em análise neste capítulo, são objecto de alguma preocupação. Neles se faz referência, por exemplo, a ideias preconcebidas dos alunos, o que representa um prelúdio do movimento das *Concepções Alternativas*.

Também a preocupação com a *Perspectiva CTS* e com a *Resolução de Problemas*, está, ora implícita, ora explicitamente, evidenciada ao longo das finalidades e das sugestões metodológicas dos programas.

Quanto ao *Trabalho Prático*, ele é considerado como uma componente importante no caso da disciplina de “Educação Tecnológica”. No entanto, não é possível identificar elementos que nos permitam ajuizar da tipologia preconizada.

PROGRAMAS DE "CIÊNCIAS FÍSICO-QUÍMICAS" (3º CEB)

O programa desta disciplina apresenta aspectos substancialmente diferentes do das anteriores, pois contém, ele próprio, referências às finalidades da Educação em Ciências em geral e do ensino-aprendizagem da Física e da Química para este nível de ensino. Isto torna possível uma compreensão mais aprofundada do programa e do quadro teórico em que foi concebido.

No que respeita às *Concepções Alternativas*, nele se diz que “...o planeamento e a organização do ensino devem ser feitos tendo em conta as ideias prévias dos alunos,... adquiridas através do ensino precedente... (ou)... das suas experiências pessoais”. Esta recomendação explícita é ainda reforçada por referências bibliográficas de trabalhos de diversos autores no âmbito da Didáctica das Ciências, nomeadamente relativos a concepções alternativas sobre vários temas científicos.

Tal posicionamento não se reflecte, contudo, nas sugestões metodológicas. componente do programa onde caberia uma referência explícita, quer quanto à natureza das principais concepções alternativas possíveis de encontrar nos alunos, quer ainda quanto à vantagem da sua utilização nas estratégias a desenvolver em sala de aula. Apenas no caso da Química do 8º ano e a propósito de reacções de combustão, se chama a atenção para o papel de reagente secundário que muitos alunos atribuem ao oxigénio nessas reacções.

Quanto à *Perspectiva CTS*, o programa refere princípios da organização do ensino e da aprendizagem com ela consonantes. Assim, nas “Finalidades” da disciplina, inclui-se a intenção de “proporcionar aos jovens a aquisição de conhecimentos básicos que os tornem capazes de compreender problemas científicos e tecnológicos importantes para o indivíduo e para a sociedade em geral”. De igual modo, os “Objectivos gerais” compreendem a “aquisição de saberes e práticas que permitam lidar com situações quotidianas que envolvam conhecimentos científicos ou produtos tecnológicos” e ainda “o conhecimento e análise crítica da Ciência e da Tecnologia na sociedade actual”. Também nas “Orientações metodológicas” se defende a utilização de contextos da vida

quotidiana, como forma de permitir que os conhecimentos científicos possam ser percebidos de forma mais útil pelos alunos e que funcionem como estímulo para as aprendizagens.

O quadro assim definido não é concretizado de igual modo nas duas componentes do programa. Na Física, este estrutura-se em torno de nove temas (seis obrigatórios e três opcionais) definidos para contextos familiares, no seio dos quais se utiliza uma abordagem por *Resolução de Problemas*. Por exemplo, a propósito da “Área temática: Produção, distribuição e utilização da electricidade”, recorre a questões do tipo “como se produz, chega até nós e usamos a electricidade que consumimos?” para relevar a pertinência de conceitos básicos como circuitos eléctricos, diferença de potencial eléctrico, intensidade da corrente, bons e maus condutores, indução electromagnética e transformadores de tensão.

Já na componente de Química, as sete unidades temáticas escolhidas não são, mesmo ao nível da sua designação representativas de contextos reais (é o caso da primeira unidade do 9º ano — “Como a matéria é em mais pormenor”). Além disso, a lógica que predomina na organização interna dessas unidades é a sequência tradicional de conceitos. Por exemplo, no 8º ano, o conteúdo “como separar as substâncias de uma mistura” está associado ao objectivo do “desenvolvimento de métodos de separação das substâncias...”, explicitando-se todos estes de uma só vez e segundo a ordem tradicional (filtração, centrifugação, cromatografia e destilação). Ora, existe uma diversidade de contextos possíveis de propor onde a abordagem de cada um dos processos de separação teria utilidade evidente, sem que a ordem atrás referida tivesse que ser utilizada para que melhores aprendizagens fossem conseguidas.

Situação idêntica ocorre, no 9º ano, com os conteúdos “como são as moléculas” e “como são os sólidos e os líquidos”, que o programa relaciona com os objectivos de “apresentar uma primeira perspectiva sobre ligação química” e de “caracterizar a estrutura de sólidos e líquidos”. Uma leitura atenta da especificação dos objectivos permite verificar que se pretende tão só abordar conceitos de ligação covalente (simples, duplas e triplas), ligação iónica e ligação metálica. Conjugando isto com as sugestões metodológicas que o programa apresenta, facilmente se verifica a ausência de qualquer contexto real em que se torne manifesta a utilidade da aprendizagem daqueles conceitos e, muito menos, da sua aprendizagem por aquela ordem.

É certo que, a propósito de alguns desses conceitos, são sugeridas transferências para situações do quotidiano, como quando se refere que, a propósito da destilação, se dê ênfase a exemplos concretos de grande importância (petróleo e álcool). Para além de não se tratar efectivamente de abordagens contextualizadas, pode ainda correr-se o risco de os professores admitirem que a indicação de exemplos com aplicação prática constitui uma abordagem de orientação CTS.

Quanto ao *Trabalho Prático*, é manifesta a preocupação explícita no programa com esta dimensão, quer ao nível das finalidades, dos objectivos e das orientações metodológicas (onde se destaca uma secção sobre este tema), quer da organização do ensino-aprendizagem. Há ainda referência a diferentes formatos possíveis de o conduzir e às suas potencialidades.

Particularmente na componente de Física, é permanente a apresentação de sugestões de actividades para todos os tópicos, varrendo um leque que passa: (i) pela utilização de situações de vida corrente, úteis para a abordagem de conceitos (por exemplo, velocidade); (ii) pelo planeamento de experiências para testar hipóteses (por exemplo, no que respeita à variação da resistência de um condutor em função do material, do comprimento ou da espessura); (iii) pela construção de dispositivos rudimentares (por exemplo, bússola e electroímã); (iv) pela demonstração feita pelo professor para ilustrar princípios (por exemplo, a tina de ondas); (v) pela construção de pequenas “maquettes” que tornem evidentes algumas soluções para problemas actuais (por exemplo, no que respeita à relação entre consumos energéticos com materiais e técnicas de construção). A diversidade das actividades sugeridas permite ainda que o professor as possa conduzir na forma de investigações abertas, onde os alunos, trabalhando em casa e/ou em sala de aula, consigam desenvolver competências ao nível de conceitos, de processos e de atitudes.

Na componente de Química preconiza-se que os alunos devem ser envolvidos na “realização de algumas experiências simples que fomentem a sua curiosidade e que permitam uma progressão no vocabulário da Química”. Este posicionamento parece-nos merecer alguns comentários.

De facto, e de acordo com a perspectiva apresentada no Capítulo 2, a intenção do trabalho prático deverá exceder, em muito, o incentivo da curiosidade, embora, se devidamente conduzida, exerça também essa função. No entanto, as sugestões metodológicas apresentadas logo no início da unidade temática do 8º ano referem que “as primeiras experiências a realizar nesta unidade não serão seguidas de explicações dos fenómenos observados. Destinam-se a despertar a curiosidade do aluno, a ilustrar a base experimental da Química e a introduzir, a um primeiro nível (operacional), a diferença entre transformação química e física...” Ora, a realização de experiências não enquadradas num referencial de problematização (e nada existe explicitado que faça crer ter sido essa a intenção dos autores do programa) e sem explicação dos fenómenos observados, ainda que a nível necessariamente simplificado, não parece que possa despertar, ou pelo menos manter, a curiosidade do aluno. Claro que há actividades de carácter lúdico que promovem aprendizagens, mas não parece que algo de muito substancial possa resultar desta iniciação. Muito menos se pensa que tal processo, em que coisas acontecem por magia, possa ser ilustrativo da base experimental da Química. O trabalho científico nesta Ciência (no qual se inclui o trabalho experimental) é altamente estruturado, contrariamente à ideia comum nos alunos do *vamos experimentar para ver o que dá...*

Apesar do que acaba de ser referido, existem outras sugestões de procedimentos ao longo do programa. Por exemplo, a organização de experiências com vista ao estudo de como modificar a velocidade de uma reacção química é sugerida de modo adequado, com controlo de variáveis. No entanto, nada indica que a condução dos diferentes ensaios deva ter lugar após o estabelecimento de hipóteses, ou seja, se a procura de resultados segue uma orientação do tipo hipotético-dedutivo ou do tipo indutivista.

Ao nível do 9º ano pretendem-se introduzir conceitos teóricos a partir de uma base experimental. É o caso da utilização de reacções de hidrogenação de hidrocarbonetos insaturados (etileno e acetileno), para “tirar ilações sobre a natureza das ligações carbono-carbono”. Ora, as reacções em causa permitirão aos alunos verificar a natureza diferente dos reagentes e produtos (por isso houve reacção!), mas só excepcionalmente terão condições para proceder a uma análise quantitativa da composição do hidrocarboneto saturado obtido e para a relacionar com a do hidrocarboneto insaturado inicial e o hidrogénio consumido. Mesmo que tal pudesse ser conseguido, como poderiam os alunos concluir sobre o carácter insaturado de ligações C-C no reagente? Não nos parece conceptualmente correcto pretender passar do domínio macroscópico (as reacções químicas) para o domínio microscópico (a estrutura das moléculas e tipo de ligações) por simples “ilacção”.

Ao longo de todo o programa são várias as situações em que se propõe a realização de reacções químicas diversas: umas vezes, elas são orientadas com o sentido de ilustrar qualitativamente fenómenos típicos (por exemplo, reacções entre metais e água, entre metais e ácidos); noutros casos, são apresentadas com o fim de produzir compostos (por exemplo, a obtenção de um éter por reacção entre um ácido e um álcool, a transformação do amido em açúcar); Outros casos existem ainda em que a finalidade é analítica (por exemplo, identificação de carbono e hidrogénio em hidrocarbonetos, detecção de proteínas em produtos alimentares, pesquisa de açúcares em frutos).

Esta diversidade de actividades é, com certeza, merecedora de aprovação, enquanto forma de ilustrar fenómenos químicos importantes. Contudo, o valor formativo dessas mesmas actividades poderia ser largamente acrescido se o programa as enquadrasse em contextos onde a sua utilização se justificasse. Quando, por exemplo, no 9º ano, para o conteúdo relativo a “Proteínas...” se propõe “a realização de um teste da presença de proteínas em produtos alimentares”, pode questionar-se qual o ganho educativo para os alunos, resultante de tal actividade. Eles poderão constatar que aqueles produtos testados têm proteínas, mas será que, a partir desta confirmação, poderão ficar a saber que apenas alguns alimentos as contêm? Só através de ensaios de pesquisa de proteínas, pela positiva e pela negativa, os alunos poderão tomar consciência de tal ideia. Pode ainda perguntar-se se o

problema não deveria antes ser colocado num quadro social em que tivesse pertinência, nomeadamente em questões de dieta alimentar e de saúde pública. Não o fazendo, poderá tratar-se apenas da realização de experiências avulsas.

O programa revela também preocupação com a realização de experiências para o desenvolvimento de técnicas importantes (por exemplo, preparação de soluções e separação de componentes de misturas), o que irá permitir aos alunos conhecer o material, saber manuseá-lo com rigor e segurança.

No quadro global dos trabalhos práticos propostos pelo programa de Química verifica-se ainda ausência de orientações para que o mesmo seja conduzido ou pelo professor ou pelos alunos, o que pode favorecer a decisão de muitos professores virem a optar pela via da simples demonstração por si efectuada.

REFLEXÃO SOBRE OS RESULTADOS DA ANÁLISE DOS PROGRAMAS

Nos capítulos anteriores procedeu-se à análise dos programas da escolaridade básica susceptíveis de promoverem saberes relevantes no domínio da Educação em Ciências.

Para tal, o primeiro capítulo abordou as dimensões que, no presente estudo, foram tidas em conta para essa análise, apresentando-se razões para a selecção feita à luz da importância que a investigação lhes tem vindo a atribuir.

Uma dessas dimensões – porventura a mais explícita e, para muitos, o verdadeiro pilar estruturante de um qualquer programa escolar – foi objecto de apreciação ao longo do segundo capítulo. Trata-se da dimensão “Conteúdos de Ciências”, para cuja análise se concebeu um instrumento próprio.

No terceiro capítulo sistematizou-se a leitura dos programas segundo as dimensões “Concepções Alternativas”, “Perspectiva CTS”, “Resolução de Problemas” e “Trabalho Prático”, cuja relevância, no que concerne ao ensino e aprendizagem das Ciências, tem vindo a ser crescentemente enfatizada através da investigação em Didáctica das Ciências.

O presente capítulo pretende reflectir sobre os resultados do estudo levado a cabo, com vista a pôr em evidência continuidades e eventuais descontinuidades inter- e intra-ciclos.

Quando se procede a uma qualquer análise, os resultados obtidos estão condicionados pelos instrumentos utilizados e são dependentes dos procedimentos adoptados por quem os aplica. A aceitação deste princípio levou a que os resultados obtidos no presente trabalho tivessem de ser submetidos a uma validação externa, previamente à sua divulgação pública. Com esse fim, foi promovido um debate com professores investigadores dos diferentes níveis de escolaridade e das correspondentes disciplinas / áreas disciplinares. Os resultados apresentados nos dois capítulos anteriores, bem como a reflexão que se segue, reflectem a conjugação possível das opiniões expressas e amplamente discutidas pelos intervenientes no debate*.

Quanto ao instrumento utilizado para análise dos “Conteúdos de Ciências”, algumas limitações lhe são inerentes.

Ao definir o conjunto de “Conceitos Globalizantes Transversais” que o instrumento comporta, não é pacífico poder afirmar-se que ele é o único possível, nem sequer o melhor. Da mesma forma, não existe, por certo, um só significado para o conceito de “conceito globalizante”. Ao assumir-se, na definição desse conjunto, a não existência de qualquer hierarquização da importância de uns conceitos em relação aos outros, a reflexão que se apresenta estará inevitavelmente limitada. Contudo, essa opção assentou no facto de se tratar de uma análise a nível da escolaridade básica, onde a formação de carácter geral se norteia pela pertinência dos conteúdos para o desenvolvimento do maior número possível de indivíduos, nomeadamente ao nível do que somos e onde nos situamos, do que existe e de como se modifica, e ainda do como melhorar a vida de todos e de cada um.

Na aplicação do instrumento assim concebido tornam-se evidentes algumas limitações, salientando-se a não existência de uma relação biunívoca entre cada um dos conteúdos explicitados nos programas e cada um dos conceitos globalizantes definidos. Esta limitação, que necessariamente fragiliza o resultado da análise, foi contornada, quando necessário, através da inclusão de um mesmo conteúdo em mais do que um conceito globalizante. Refira-se, no entanto, que esta situação, embora

* Vd. "Introdução" deste trabalho

limitativa no contexto do estudo, reflecte uma característica da interligação de saberes que deve estar presente na organização dos conteúdos dos programas ao nível da escolaridade básica. Só que, não raras vezes, a formação dos professores e a organização compartimentada da estrutura curricular ignoram tal interligação, anulando mesmo as potencialidades que dela poderiam decorrer para as aprendizagens dos alunos.

Também o grau de explicitação dos conteúdos nos programas é, em si próprio, uma limitação para a análise em questão. Com efeito, a inclusão de um dado conteúdo em um ou mais conceito(s) globalizante(s) resultou da interpretação que os autores fizeram da designação usada para esse conteúdo. Uma maior especificação de alguns conteúdos teria favorecido positivamente a tomada de decisão em termos da correspondência referida.

A reflexão sobre os resultados obtidos e apresentados nos capítulos anteriores será aqui sistematizada por ciclo de escolaridade relativamente às diversas dimensões de análise consideradas e, posteriormente, numa perspectiva inter-ciclos.

Pretende-se, assim, tornar evidentes as intenções de política educativa no que respeita à Educação em Ciências dos alunos que frequentam a escolaridade básica em Portugal, no quadro de referências considerado neste estudo.

PROGRAMA DE EDUCAÇÃO PRÉ-ESCOLAR

Como foi referido anteriormente, não está ainda oficializado um programa para a educação pré-escolar, pelo que se tomou, como base de trabalho, o documento do Departamento da Educação Básica intitulado “Orientações Curriculares para a Educação Pré-Escolar”. Este documento explicita que a educação pré-escolar deve ser encarada como uma primeira etapa da educação básica, pelo que necessariamente terá que se articular com as orientações existentes para o 1º ciclo.

A área de conteúdos designada por “Conhecimento do Mundo” é entendida, no documento, como uma introdução às ciências, através da sensibilização para aspectos que têm a ver com a geografia, a física, a química e a biologia e que visam despertar, na criança, a curiosidade e o desejo de aprender sobre o mundo mais ou menos próximo que a rodeia. No mesmo documento, a introdução às ciências é encarada como um modo de promover o desenvolvimento das crianças em temas transversais, tais como a saúde e o ambiente.

Estas preocupações são hoje praticamente consensuais na comunidade educativa e, particularmente, entre os educadores e investigadores do domínio das ciências. No entanto, sempre que a explicitação de intenções é feita através de exemplos de tópicos ou situações a abordar, corre-se inevitavelmente o risco de que tais exemplos venham a constituir a norma junto dos destinatários, particularmente quando estes apresentam, em geral, graves lacunas de formação a nível metodológico e de especialidade no domínio em causa.

A análise dos conteúdos apresentada no capítulo 2 (Quadro 2.0) restringiu-se aos exemplos que o documento oficial sugere e torna evidente lacunas em conceitos integradores que, para este nível etário, também poderiam ser abordados, quer pela sua pertinência formativa, quer pela sua proximidade às vivências das crianças dessas idades. E o caso da missão da referência a dispositivos eléctricos e electrónicos, acessíveis, hoje em dia, à maioria dessas crianças, através de brinquedos a elas destinados. Com efeito, desde muito cedo as crianças constatarem a necessidade do uso de pilhas para que alguns dos seus brinquedos funcionem, a diversidade de número e formato das pilhas para tal necessário, a influência do modo da sua instalação no brinquedo, bem como o limite da sua duração.

Esta situação, de tão próxima das crianças e dadas as suas implicações na contaminação ambiental, não deveria ser omitida na lista de exemplos apresentados aos educadores. Através da

exploração de situações deste tipo, conseguir-se-ia a iniciação dos alunos na aprendizagem de “Sistemas eléctricos e electrónicos”.

Na análise feita nota-se também a ausência de tópicos relativos a “Transformações da Matéria” (Quadro 2.0). No entanto, pode considerar-se que se trata de uma omissão diferente, já que as “experiências com a água” reportadas ao “Modelo da Estrutura da Matéria” poderão também servir para explorar, com as crianças, aspectos relacionados com as mudanças de estado físico, preenchendo-se assim a lacuna referida.

Embora as autoras deste trabalho não defendam a apresentação, num qualquer programa, de uma listagem rígida dos temas a abordar, reconhecem, contudo, que, em particular para o caso da educação pré-escolar, os educadores deveriam dispor de orientações mais explícitas para a exploração de tópicos tão abrangentes como a realização de “experiências com a água”, de “experiências com luz” ou de “experiências com ímanes”.

Em suma, no caso das “Orientações Curriculares para a Educação Pré-Escolar” e no que respeita a conteúdos de ciências, parece ser mais preocupante a deficiente definição e a pouca clareza das propostas do que a sua natureza, a qual não oferece grandes reparos.

Para além do que foi dito, outras omissões importa salientar. Por exemplo, a respeito do corpo humano e conhecendo-se a relutância, por parte de educadores e professores, em abordar a reprodução humana e a educação sexual, seria de explicitar concretamente a importância da iniciação a aprendizagens nestes domínios.

De igual modo, o documento oficial não evidencia, através de exemplos ou sugestões, qualquer contributo da área da Educação em Ciências para o desenvolvimento de saberes em domínios que constituem preocupação, manifestada no mesmo documento, sobre temáticas tão actuais como a educação para a saúde, para o ambiente e para o consumo. Por exemplo, não basta invocar a importância de uma alimentação equilibrada, através do consumo de alimentos variados e em bom estado de conservação. Com efeito, se tal aprendizagem é fundamental em termos de saúde individual e colectiva, é possível, no âmbito desta temática, definir contextos familiares às crianças, em que aprendizagens sobre conceitos científicos comecem a ter lugar. É o caso da função do frigorífico na conservação dos alimentos (efeito da temperatura), é o caso da sua colocação fora da proximidade de fontes de calor (tal como o fogão), é o caso das consequências de não se manter fechada a sua porta (trocas de energia) e é ainda o caso do efeito da colocação dos alimentos no congelador ou no corpo central do frigorífico (congelamento ou não congelamento).

Também um contexto de educação alimentar permite explorar conceitos relevantes em termos da preservação/melhoria da qualidade do ambiente. Diariamente as crianças consomem alimentos em embalagens unidose. Este facto proporciona a possibilidade de exploração da variedade dos materiais de que são feitas essas embalagens (vidro, plásticos, metais, cartão,...), do tempo de vida de tais materiais em ambiente natural, bem como das implicações do seu uso na quantidade de resíduos sólidos domésticos produzidos.

Resumindo, as grandes intenções do documento oficial pouca correspondência apresentam com conteúdos de ciências explicitados na área “Conhecimento do Mundo”.

O mesmo sucede no que respeita às outras dimensões de análise dos programas relevadas para efeitos deste estudo. Se bem que as orientações apontem para a importância de ter em conta as experiências vividas pelas crianças, é totalmente omissa a referência à necessidade de partir das suas ideias prévias sobre fenómenos do mundo físico, para a construção das aprendizagens propostas no documento. A não preocupação explícita com este aspecto pode levar a que tais ideias prévias se convertam em concepções alternativas, difíceis de substituir por ideias não desviadas das cientificamente aceites. Também a perspectiva CTS e a abordagem por resolução de problemas apresentam grande fragilidade e ambiguidade ao nível das orientações oficiais. Não há, por exemplo, referências a um contexto CTS determinado, onde pudessem ser explorados conceitos listados, de

forma avulsa, no documento analisado (vento, chuva, acidentes orográficos, rochas) e que são facilmente interligáveis. Menos ainda existem exemplos de situações-problema a partir das quais a exploração de conceitos, mesmo que a nível operacional, poderia ter lugar.

Uma omissão particularmente grave reporta-se ao campo do trabalho prático. Sendo intenção manifesta do programa a sensibilização das crianças para uma atitude científica na recolha de informação, na observação, na experimentação e na verificação de resultados, bem como o desenvolvimento de um espírito crítico e criativo, não existe, ao nível das orientações, indicação sobre que experiências (natureza e formato, por exemplo) as crianças poderão e deverão realizar. Embora o nível de conceptualização) possível de desenvolver a este nível etário seja elementar, não deixa de ter pertinência a construção de estratégias experimentais assentes, algumas vezes, na definição prévia de hipóteses e, sempre, no desenvolvimento de comportamentos de rigor na observação.

A realização de experiências com a água, por exemplo, tal como o documento oficial propõe, pode simplesmente permitir que as crianças repitam observações que enfrentam no dia-a-dia. É o caso da verificação do que acontece quando se coloca uma pequena porção de açúcar em água. Este fenómeno, tão familiar às crianças, poderia ser utilizado, em sala de aula, para desenvolver saberes relacionados com o conceito de dissolução, tais como a importância da agitação e das quantidades de soluto e de solvente na dissolução completa do açúcar na água, em determinado intervalo de tempo.

PROGRAMA DE ESTUDO DO MEIO (1º CEB)

O programa do 1º Ciclo do Ensino Básico assume, como uma das áreas estruturantes, o “Estudo do Meio”, na qual concorrem conceitos e métodos de várias disciplinas de Ciências Sociais e da Natureza, organizados em seis blocos. A relevância das diversas disciplinas nestes blocos não é uniforme.

Relativamente aos conteúdos, as questões suscitadas pela análise dos programas dos quatro anos de escolaridade (Quadros 2.1 a 2.4) vão ser aqui explorados segundo as vertentes linguagem, continuidade entre temas/conceitos e equilíbrio intra e inter-anos.

Quanto à linguagem, existem imprecisões ou pouco rigor na definição de alguns conceitos. É o caso da confusão manifestada, ao longo de todo o programa, em torno dos termos *material*, *substância* e *objecto*, podendo o leitor menos bem informado vir a considerá-los como sinónimos. Não faz qualquer sentido, e é prejudicial em termos de orientação para o professor, recomendar a realização de “experiências com alguns materiais e objectos de uso corrente (sal, papel, cera, objectos variados,...)”. Isto porque não é possível estabelecer uma divisão, no mundo físico, entre material e objecto, já que todos os objectos são constituídos por materiais. O que o programa deveria acentuar, e não o faz, é que a realização de experiências com objectos levará à verificação de propriedades dos materiais constituintes.

No caso específico da *dissolução*, trata-se de uma propriedade de substâncias ou de materiais (soluto e solvente), verificada através do comportamento de objectos nas experiências conduzidas. Já no caso da *flutuação*, o fenómeno diz respeito ao comportamento de objectos, contrariamente ao veiculado no programa, quando, para o 1º ano, refere o tópico “reconhecer materiais que flutuam e não flutuam”. Neste caso, mais do que confusão é mesmo de um erro científico que se trata. Se pensarmos no material plasticina, é possível com ele construir, em sala de aula, objectos diferentes (bola e barco), com comportamentos opostos. Embora se compreenda que, nesta faixa etária, não é adequado explorar com os alunos a flutuação ao nível da comparação de densidades, não é entendível que, no programa (fonte de orientação primordial para professores e autores de manuais escolares), possa permitir-se tal confusão. A plasticina que os alunos podem moldar, até à construção de um barco que flutue, não é o único material responsável por este comportamento. Para o barco flutuar

precisa de ter uma cavidade tal que se possa encher de ar e que, por isso, venha a conferir ao objecto uma densidade média inferior à densidade do meio líquido.

Ainda no campo da linguagem que o programa utiliza, pode dar-se, como exemplo de pouca clareza, a questão da origem *natural* ou *artificial* dos materiais. Quando o programa propõe a inclusão do sal, em termos de origem, no grupo dos materiais naturais ou dos artificiais, está implicitamente a orientar para a sua classificação no primeiro. De facto, o sal disponível para utilização no quotidiano existe na natureza (daí ser natural) e dela pode extrair-se (água do mar ou minas de sal-gema). No entanto, pode obter-se sal (cloreto de sódio) por síntese laboratorial (reacção entre sódio e cloro).

Os avanços crescentes da Ciência e da Tecnologia colocam-nos hoje perante a situação de quase todas as substâncias naturais poderem também ser produzidas laboratorialmente. Daí que, em vez de os programas conduzirem à simples dicotomia natural/artificial, devessem alertar para a dificuldade de tal caracterização sem tomar em conta outras informações sobre o material em observação. Apesar de tal dificuldade a respeito de grande parte dos materiais que o programa refere, há um número cada vez maior de materiais sobre os quais é inquestionável a sua origem não natural (plásticos, fibras têxteis sintéticas, ...).

Passando à vertente da continuidade entre temas/conceitos ao longo do 1º CEB, a análise dos quadros 2.1 a 2.4 permite constatar que a situação varia consoante os temas globalizantes definidos neste estudo. Há temas (“Interacções em Sistemas” e “Organização, Manutenção e Evolução dos Sistemas”) que são continuamente abordados ao longo dos quatro anos e há outros que são concluídos antes do ciclo terminar (“Modelo da Estrutura da Matéria” e “Medição”). Outros existem que só são iniciados numa fase adiantada do ciclo (“Geodinâmica Interna e Externa”, “Transformadores da Matéria” e Sistemas Eléctricos e Electrónicos”). Há ainda os que sofrem interrupções de abordagem ao longo do ciclo (“Ondas e Radiações” e “Dinâmica e Homeostasia dos Ecosistemas”).

A descontinuidade observada não constitui, por si só, um problema da organização do programa do 1.º CEB, já que pode até ser interpretada como uma forma de equilíbrio na abordagem não disciplinar da Ciência. No entanto, a situação poderá vir a comprometer aprendizagens futuras dos alunos, no caso de ocorrerem hiatos acentuados em alguns desses temas globalizantes.

Sem se pretender especular sobre o assunto, pode referir-se que alguns dos temas globalizantes estão largamente privilegiados em relação a Outros. E o caso da “Organização, Manutenção e Evolução dos Sistemas”, que se apresenta, quase sempre, como largamente dominante. Verifica-se, pois, que a Biologia é o domínio da Ciência mais enfatizado ao longo de todo o programa, o que de, alguma forma, está de acordo com os interesses dominantes em crianças destas idades.

Na perspectiva do equilíbrio intra-anos, é evidente, no caso dos 1º e 2º anos, uma acentuada preocupação com conceitos incluídos nos temas globalizantes “Modelo da Estrutura da Matéria” e “Organização, Manutenção e Evolução dos Sistemas”.

No 3º ano, embora este último tema continue a dominar, é muito saliente o crescimento da relevância dos temas “Interacções em Sistemas”, “Geodinâmica Interna e Externa” e “Ondas e Radiações”.

No 4º ano aumenta consideravelmente o equilíbrio entre os temas globalizantes, passando o mais dominante nos anos anteriores a ser um dos menos contemplados. Este equilíbrio está, de alguma forma, comprometido pela não abordagem de conceitos que se incluem no tema “Medição”. Tal lacuna é particularmente grave, dada a importância da medição de grandezas físicas no contexto da actividade experimental.

O 2º Ciclo do Ensino Básico constitui, em Portugal, a etapa da escolaridade obrigatória em que se concretiza o princípio do reconhecimento da existência de áreas de saber com fundamentação epistemológica própria, leccionadas por professores com formação científica específica e correspondente a cada uma delas. É esta a filosofia subjacente aos modelos e programas de formação inicial de professores desse ciclo.

De entre as finalidades, consagradas na Lei de Bases, que deverão orientar a escolaridade no 2º ciclo, algumas existem que são particularmente propícias a serem desenvolvidas no domínio das Ciências da Natureza. Assim, ao nível das “aquisições básicas e intelectuais fundamentais” é explícita, nos documentos oficiais do M.E., a intenção de «garantir conhecimentos básicos sobre a Natureza..., e desenvolver a interpretação e análise crítica dos fenómenos naturais...», através da «aquisição de competências para seleccionar, interpretar e organizar a informação...». E ainda intenção expressa “favorecer o reconhecimento do valor das conquistas técnicas e científicas...”.

Relativamente à «dimensão para a cidadania», consagrada no programa como finalidade a atingir, é ainda mais saliente o contributo das Ciências da Natureza para tal fim. Nele se refere a necessidade de, a este nível etário, se estimular a “responsabilização individual e colectiva na solução de problemas ambientais existentes e na prevenção de outros”, bem como “a assunção esclarecida e responsável dos papéis de consumidor e/ou de produtor”.

Foi, provavelmente, tendo em consideração estas finalidades e as exigências epistemológicas da própria área de conhecimento em causa, que os autores do programa terão estabelecido os quadros genéricos de conteúdos na perspectiva da compreensão do funcionamento do Sistema Sol-Terra-Vida, para o que consideram relevante a organização do programa em torno do grande tema Terra .Ambiente de Vida.

Os conteúdos seleccionados têm em vista “desenvolver a compreensão das componentes do domínio vivo e não vivo, das interacções entre elas existentes, bem como da intervenção do Homem na dinâmica de todo o Sistema”.

O instrumento de análise de programas usado neste estudo (vd. segundo capítulo) é consonante com a filosofia organizativa do programa do 2º ciclo, permitindo, contudo, operacionalizar uma apreciação crítica segundo temas globalizantes de Ciências convergentes para as finalidades nele expressas.

Da leitura dos Quadros 2.5 e 2.6 ressalta, de imediato, a distribuição não equilibrada dos conteúdos programáticos pelos nove temas seleccionados. Verifica-se um acentuado interesse por assuntos pertencentes à “Organização, Manutenção e Evolução dos Sistemas” e à “Dinâmica e Homeostasia dos Ecossistemas”, o que revela grande consistência com a opção de organização do programa em torno do Sistema Sol-Terra-Vida. Contudo, tal opção não justifica a quase total omissão de conteúdos próprios dos temas globalizantes “Interacções em Sistemas” e “Ondas e Radiações”.

Tomando, como exemplo, o tópico do programa do 5º ano “Importância da água para os seres vivos”, onde se inclui a “distribuição da água na Natureza”, a sugestão de abordagem limita-se a recordar aos alunos o que foi já tratado no 1º ciclo, nomeadamente os três estados físicos possíveis para a água.

O que está em causa, a nível do próprio programa, é a compreensão do sistema Terra-Ambiente de Vida, para o que muito pouco contribui a mera descrição dos estados físicos da água, se descontextualizada dos ambientes onde vários deles podem coexistir. Será que tal descrição é facilitadora da desejada compreensão, pelos alunos destas idades, de que, por exemplo numa região polar, onde o visível é a água no estado sólido, existe também alguma água no estado líquido e no gasoso? Que conteúdos, ao nível do Programa, permitem questionar esta imagem de senso comum? Que novas aprendizagens, em relação ao 1º ciclo, advieram da inclusão deste tópico no programa?

A abordagem tradicional das características dos estados físicos e das condições que, em laboratório, são utilizadas para provocar mudanças de um para outro, é pouco útil para a compreensão da coexistência do vapor de água com os outros estados físicos. De facto, seria importante romper com a ideia tão comum de que, só para temperaturas superiores ao ponto de ebulição de água, existe vapor de água. Os alunos deveriam ser confrontados com o facto de que a Natureza é um sistema aberto, onde os três estados da água não estão em equilíbrio (ainda que num mesmo local) e que isso está fortemente dependente da energia disponível na Terra, originada no seu interior e proveniente do Sol.

A tónica predomina ao longo do programa, estendendo-se a muitos outros tópicos nele propostos, como é o caso, no 6º ano, de “Processos vitais comuns aos seres vivos”, onde se inclui a “alimentação nos animais”.

A abordagem dos “alimentos como veículo de nutrientes”, a “importância de fazer escolhas face à alimentação”, “a análise dos rótulos de embalagens de alimentos”, deveria ser suportada por um conceito alargado de alimento, numa sociedade em que a indústria agro-alimentar tem um desenvolvimento crescente e um papel social inquestionável. No programa nada se explicita que leve a crer na intenção de explorar a noção de alimento para além do que a terra dá, do que nela se cria ou dela provém. Por exemplo, quer as necessidades que, em todo o mundo, têm vindo a ser acentuadas sobre a procura de novos produtos hortícolas (manipulados geneticamente, nalguns casos), quer o seu desenvolvimento em outras regiões do globo ou em outras épocas do ano que não as tradicionais, levaram ao desenvolvimento, a níveis irreversíveis, de aditivos agroquímicos, que poderão ter repercussões na saúde pública.

Por outro lado, a indústria alimentar tem também evoluído com o desenvolvimento de técnicas de embalagem e de conservação dos alimentos que permitem a melhor gestão dos recursos alimentares disponíveis. É neste domínio que a utilização de conservantes tem assumido uma grande importância, o que, de modo algum, saliente no programa do 2º ciclo. Também técnicas de controlo patogénico de alimentos como o leite, hoje em dia aplicadas a quase toda a produção nacional, tornam-no num alimento bastante diferente daquele que, antes de ser consumido, necessitava de fervura e era para utilização quase imediata, o que o colocava na lista de alimentos não igualmente acessíveis a todos. Será que a proposta do programa, neste tópico, facilita aos alunos a compreensão das diferenças entre o leite que hoje bebem e o consumido pelos seus avós, quer em relação àqueles aspectos, quer relativamente à diversidade de teor de gordura com que se apresenta para venda?

Também a associação que o programa faz de corantes e conservantes, no domínio da rotulagem de alimentos, pode levar à ideia de que ambos constituem perigo para a saúde e de que a prática da sua adição não obedeceu a um quadro legislativo assente em critérios científicos. A omissão desta referência pode acentuar a ideia, comumente aceite, de que se trata de produtos de pior qualidade e, portanto, a rejeitar perante outros.

Se bem que, em geral, a adição de corantes se destine a tornar mais atraente e vendável o produto em causa (por exemplo, aproximando o sabor a morango de uma gelatina à cor desse fruto), a adição de conservantes tem, em princípio, a função de aumentar o prazo de validade dos alimentos e de evitar a sua degradação, de modo compatível com os actuais ritmos de vida. Repare-se no caso da junção de ácido ascórbico, como anti-oxidante, a muitos dos alimentos embalados (molhos, conservas, sumos). Trata-se da adição de pequenas quantidades, da ordem dos miligramas, de vitamina C, que muitos indivíduos diariamente ingerem, como preventivo de doenças, na forma de pastilhas e em dosagens muito superiores. Só por desconhecimento da natureza deste conservante é que se pode pensar que se trata de um aditivo prejudicial à saúde.

Também as técnicas de preparação dos alimentos não são isentas de consequências ao nível da saúde. Por exemplo, práticas de culinária utilizando louça de barro vidrado para ir ao forno são prejudiciais pela contaminação por chumbo (existente no revestimento) dos alimentos nela preparados.

Retomando o programa, parece que seria de maior utilidade, para a educação dos alunos, a abordagem da nutrição e alimentação humana na perspectiva do balanço entre riscos e benefícios que os alimentos e a indústria protagonizam.

No que respeita ao tópico do 6º ano “Higiene e problemas sociais”, em que “a poluição” aparece como conteúdo, o programa manifesta também uma preocupação pouco correcta, já que explicita que “cada indivíduo pode ser um agente poluidor nas suas actividades quotidianas...” Com efeito, cada um de nós é inequivocamente um agente poluidor. Mas o importante é que, para além disso, cada indivíduo conheça os níveis de poluição que causa e saiba actuar no sentido de os minimizar. Por exemplo, é fundamental que, desde cedo, os alunos compreendam que o simples gesto de deixar correr água de uma torneira é uma forma de poluição, pois que essa água vai misturar-se com águas residuais, sendo necessário tratamento para a sua reutilização. Tal tratamento requer produtos da indústria química e consumo de energia, o que o torna em actividade poluidora.

No programa, a poluição é encarada na perspectiva dos agentes que a causam, sem qualquer referência aos processos de interacção e aos produtos dela resultantes. Mais ainda, a problemática de poluição) não se apresenta interligada com outros tópicos do mesmo programa, nomeadamente com a saúde e o consumo.

A inclusão do tema “poluição” no programa deveria ter como referência uma nova perspectiva de educação ambiental, preocupada com as acções que individual e colectivamente se empreendem, com os processos que têm lugar no ambiente, com as inter-relações entre este e os indivíduos e com as soluções possíveis para o preservar e melhorar.

Ainda relativamente aos conteúdos, acentue-se a pequeníssima relevância dada às questões da “Medição”, indispensáveis para o prosseguimento das orientações metodológicas nele sugeridas. É o caso da compreensão de agentes poluidores, o que só faz sentido em escalas de limites mínimos e máximos para cada um deles.

PROGRAMAS DE CIÊNCIAS (3º CEB)

O 3º Ciclo do Ensino Básico compreende os três últimos anos da escolaridade obrigatória em Portugal, onde a Educação em Ciências é formalmente assumida na disciplina de Ciências Naturais (7º e 8º anos) e na disciplina de Ciências Físico-Químicas (8º e 9º anos), comuns a todos os alunos. Também a disciplina de Educação Tecnológica (7º, 8º e 9º anos) apresenta contributos para a Educação em Ciências, no caso dos alunos que por ela optarem

Dada esta situação, o foco da análise que se segue diz respeito às duas primeiras disciplinas. A terceira será objecto de apreciação na secção “Outros Programas”.

Ciências Naturais

O programa de Ciências Naturais do 3º CEB assume-se como um útil contributo para a educação dos jovens num mundo que, no futuro, será, necessariamente, muito diferente do actual. Por isso defende que a compreensão da Ciência passa pela aplicação de conceitos científicos na resolução de problemas da vida real e considera, assim, que, para essa compreensão, será de importância fundamental o conhecimento do Sistema Sol-Terra-Vida, nele se incluindo as componentes do domínio vivo e não-vivo, as interacções entre elas existentes e ainda a intervenção do ser humano na dinâmica do próprio Sistema.

É neste quadro que o programa destaca, nas suas finalidades, a consciencialização sobre a diversidade dos seres vivos e sobre as relações seres vivos-ambiente, a sensibilização para a compreensão global da dinâmica da Terra e da Vida, bem como para a relevância dos novos conhecimentos deste domínio científico na melhoria das condições de vida.

Reportando-nos à análise dos conteúdos de Ciências Naturais nos 7º e 8º anos (Quadros 2.9 e 2.10), verifica-se uma acentuada predominância dos que se inserem nos temas “Organização, Manutenção e Evolução dos Sistemas”, “Dinâmica e Homeostasia dos Ecossistemas” e “Geodinâmica Interna e Externa”. Isto reflecte claramente a lógica da preferência dada a assuntos tradicionalmente conotados com esta disciplina.

Esta lógica, que predomina no conjunto dos 7º e 8º anos, não é, contudo, seguida dentro de cada um deles. Com efeito, no 7º ano, a incidência faz-se nos temas “Dinâmica e Homeostasia dos Ecossistemas” e “Geodinâmica Interna e Externa”, enquanto que, no 8º ano, ela se faz no tema “Organização, Manutenção e Evolução dos Sistemas”.

A questão que, desde logo, pode colocar-se é se o desequilíbrio assumido, quer dentro de cada um dos anos de escolaridade, quer ao nível dos dois anos em que a disciplina de Ciências Naturais é ministrado, favorecerá a formação de alunos desta faixa etária. Não parece que tal suceda, podendo mesmo acontecer que tal “especialização” por temas, em cada ano, venha a desmotivar os alunos naquele(s) ano(s) ou em decisões a tomar no que respeita ao prosseguimento de estudos.

Esta opção pela abordagem pormenorizada de um dado tema, como no caso do 8º ano, leva necessariamente à introdução de conceitos (e respectiva terminologia) a um nível de especificidade muito elevada e a uma quase total falta de ligação com os restantes temas.

Não se pondo em causa que todos os tópicos referidos sejam importantes, parece, no entanto, que outras formas de organização de conteúdos (dentro de cada ano e ao longo dos dois anos) poderiam traduzir melhor a ideia subjacente ao “Mapa organizador de conteúdos” em que o programa da disciplina se baseia. Nele se refere que a “Dinâmica da Terra e da Vida” é o grande tema organizador dos conteúdos, dividido em dois blocos que se procuram articular entre si (“Terra Planeta Activo” e “Regulação e Conservação da Vida”).

Do ponto de vista conceptual, certamente que a ligação existe e é desejável. Contudo, quando se aprecia a operacionalização de tal ideia ao nível da especificação de conteúdos, a articulação passa a tornar-se pouco evidente. Nem sequer parece poder falar-se de uma distribuição de conteúdos pelos dois anos, que traduza a ideia de continuidade entre eles.

No 7º ano, o programa inicia-se com a localização da Terra no espaço, passa a uma descrição da sua constituição e dos factores que intervêm na sua modificação e aponta depois para o conhecimento da história da Terra. Este conjunto de saberes pretende confluir para a interpretação da “Dinâmica dos Ecossistemas” e, nestes, o ser humano é visto como agente de interferência nos mesmos.

Apreciando o “Mapa organizador de conceitos” constante do programa, é exactamente através da “Dinâmica dos Ecossistemas” (7º ano) que se faz a ligação com o 8º ano, nomeadamente através do tópico “Energia e Vida”. Só que este tópico, a nível de conteúdos específicos, não dá qualquer continuidade aos abordados no 7º ano, restringindo-se a uma visão fisiológica do conceito de energia.

A ligação entre os dois anos seria melhor conseguida se, por exemplo, o desenvolvimento do primeiro conteúdo do 8º ano — “Alimentação e Saúde” — contemplasse aspectos da problemática da alimentação a nível mundial (previstos no programa), mas onde as consequências da produção dos bens alimentares necessários à população mundial fossem equacionadas em termos do equilíbrio dos ecossistemas. A compreensão desta relação seria então facilitadora da abordagem do conceito de energia em termos do organismo e das suas funções vitais, tal como o programa preconiza.

Seria também facilitadora da aprendizagem dos conceitos incluídos no programa a opção por uma organização curricular mais interligada, como, por exemplo, a discussão das consequências da vida do ser humano para o próprio planeta, já que as actividades fisiológicas dependem de recursos externos e, por existirem, condicionam os parâmetros de qualidade de recursos naturais. É que a existência de vida implica necessariamente a presença de dióxido de carbono na atmosfera e tal condiciona a acidez natural da água da chuva. Dado que, no 8º ano, os alunos são confrontados, na

componente de Química da disciplina de Ciências Físico-Químicas, com conceitos de ácido e base e o tópico das chuvas ácidas é aí considerado, os alunos poderiam estar em melhores condições para compreenderem que “naturalmente” a chuva é sempre ácida, mas que a designação só se aplica quando a acidez é superior àquela que provem da dissolução e subsequente reacção entre o dióxido de carbono e a água, ou seja, para valores de pH inferiores a 5,6.

Ciências Físico-Químicas

No caso das Ciências Naturais, embora seja reconhecível a distinção, ao nível dos conteúdos, entre a Biologia e as Ciências da Terra, tal não é assumido ao nível da designação.

Já no que respeita às Ciências Físico-Químicas, o programa considera explicitamente as componentes de Física e de Química e distribui ambas pelos dois anos (8º e 9º), com alguma preocupação de equilíbrio. Tal divisão, claramente assumida, tem repercussões ao nível da organização do ensino — as componentes têm tratamento sequencial e não integrado — e ao nível da produção dos manuais escolares, maioritariamente em volumes distintos e até elaborados por autores diferentes. Este formato de desenho curricular poderá não servir os objectivos da escolaridade básica nem favorecer a abordagem integrada de temas, para cuja compreensão se requerem interpretações de ambos os domínios.

Talvez seja esta lógica que ainda alimenta, em algumas instituições, a formação inicial de professores em Física ou em Química separadamente, o que, na sua posterior actividade profissional, conduz geralmente a que cada um privilegie a formação dos alunos exactamente na sua área de especialização.

Da leitura das finalidades e objectivos gerais do programa ressalta uma preocupação quer com a educação científica para todos na escolaridade básica, quer para os que prosseguirão estudos. Além disso, também é evidente a explicitação de intenções que procuram valorizar, sobre estas Ciências, saberes básicos, procedimentos e métodos que lhes são próprios, transferências desses saberes para situações do quotidiano, desenvolvimento de atitudes e competências úteis do ponto de vista pessoal e social, bem como a construção de um posicionamento crítico face às implicações da Ciência e da Tecnologia na Sociedade.

Ao nível da organização dos documentos programáticos, este é o que se apresenta estruturado de forma mais desenvolvida e consentânea com princípios de organização curricular. De facto, nele se explicitam os princípios organizadores, as finalidades e os objectivos gerais, se fundamentam as opções tomadas no que respeita a conteúdos e seu agrupamento por áreas temáticas, se tecem considerações sobre aspectos pertinentes para a organização do trabalho dos alunos, se propõem sugestões metodológicas que incluem a gestão do tempo, o tipo de trabalho experimental, as formas de comunicação, a escolha e utilização de materiais de ensino, e se sugerem formas e instrumentos de avaliação adequados.

Acresce referir que é também apenas neste programa que se apresenta um suporte bibliográfico desenvolvido e actualizado, quer ao nível geral, quer ao de cada um dos temas considerados (isto só no caso da Física).

Considerando, em concreto, os conteúdos que o programa enuncia e a análise conduzida no Capítulo 2 (Quadros 2.11 e 2.12), verifica-se, sem qualquer espanto, uma clara opção pelos conteúdos da Física e Química, o que está reflectido no não preenchimento dos temas “Organização, Manutenção e Evolução dos Sistemas” e “Geodinâmica Interna e Externa” desses Quadros. Relativamente aos outros temas globalizantes constantes desses Quadros, a situação não é uniforme: os temas “Interacção em Sistemas” e “Sistemas Eléctricos e Electrónicos” apenas contemplam conteúdos de Física; o tema “Transformações da Matéria” diz respeito a conteúdos típicos de Química; o tema “Ondas e Radiações” é predominantemente de Física, bem como o tema “Medição”; o tema “Modelo da Estrutura da Matéria” respeita predominantemente a conteúdos de Química; o

tema “Dinâmica e Homeostasia dos Ecossistemas” é aquele que, talvez por não ser tão tradicionalmente conotado com a Física ou a Química, apresenta uma distribuição mais equilibrada dos conteúdos por estas duas componentes.

Como já se referiu, este programa é, de entre todos os analisados, o único que adopta uma organização de conteúdos em grandes áreas temáticas. Contudo, só no caso da componente de Física é explícita a distinção, a nível de cada uma dessas áreas, entre aprendizagens essenciais (de carácter obrigatório) e outras (de carácter opcional). Além disso, as áreas temáticas da Física são claramente fundamentadas, o que permitirá aos professores melhor compreenderem a intenção de cada uma delas. Já no caso da Química, os temas parecem ter sido escolhidos mais para acolher os conteúdos previamente definidos do que para determinar os necessários à sua abordagem. Também o programa da Física, dada a sua organização, impõe uma exploração dos conteúdos em contextos da vida do dia-a-dia, enquanto que o da Química somente refere que as várias unidades “podem ser despoletadas por questões da actualidade, do quotidiano,...”.

Uma apreciação mais aprofundada dos conteúdos listados na Física permite identificar algumas incorrecções a nível epistemológico, nomeadamente porque mistura, nessa lista de conteúdos, conceitos como “circuito eléctrico”, “reflexão do som”, “refracção da luz”, a par de actividades como “planear e esquematizar circuitos”, “aplicar a equação $v = d / t$ ”, “usar a unidade SI de energia”, “interpretar gráficos relativos a dados energéticos”.

Também no que respeita aos objectivos, a sua formulação é feita de forma muito heterogénea. Ao mesmo nível, aparecem objectivos de exigência conceptual não comparável, como o caso de “interpretar o movimento aparente do sol e estrelas em geral” (que exige a adopção de modelos) e “medir a massa de um corpo usando uma balança de dois pratos” (que representa uma actividade envolvendo destreza na manipulação de objectos e leitura dos valores). A medição de massas é, sem dúvida, uma actividade relevante, mas o objectivo a ela associado deveria antes ser “compreender os princípios subjacentes ao processo da medição da massa de um corpo quando se utiliza uma balança de dois pratos”.

Também a duplicação da mesma ideia ao nível de conteúdos e objectivos, que pode ser ilustrada com as expressões do programa “medir o peso de um corpo com um dinamómetro” (como objectivo) e “medição do peso de corpos, usando dinamómetros” (como conteúdo), parece não representar qualquer mais valia. Por outro lado, valorizar, como objectivo, a mera explicitação do valor de uma grandeza que, provavelmente, só foi memorizada, (“indicar a velocidade de propagação da luz no vazio”) parece de discutível valor educativo, no contexto global dos objectivos do programa.

A confusão subsiste ainda noutras formulações. Por exemplo, a mesma ideia, embora com pequenas “nuances” de formulação, serve como objectivo (“descrever, representar e montar circuitos simples...”), como conteúdo (“planear e esquematizar circuitos”) e como actividade sugerida (“planeamento e esquematização de circuitos”). Não estando em causa a pertinência do assunto, nem a correspondência a estabelecer nos três domínios, seria desejável que as formulações respeitassem as exigências próprias de cada um deles.

No caso da Química persistem também incorrecções a nível conceptual. A par de conceitos gerais como “reações de ácido-base”, “reações de oxidação-redução”, aparecem, com estatuto idêntico na organização dos conteúdos, formulações como “a Química como resposta a questões sobre o mundo material” ou “a Química é uma Ciência fascinante”.

Por outro lado, quer a nível de objectivos, quer de conteúdos da Química, o programa é iniciado com a preocupação de lhe ser atribuído um estatuto de interesse e relevância pessoal e social. Recorde-se, a este propósito, que o primeiro conteúdo enunciado é “a Química como resposta a questões sobre o mundo material”, tendo como objectivo correspondente “revelar uma primeira perspectiva do que é a Química e do seu interesse”. Ora, parece que este objectivo é notoriamente

daqueles que se vai consolidando ao longo das aprendizagens, pelo que só poderá ser atingido numa fase avançada do programa e não no seu início.

Ainda a nível do enunciado dos objectivos, casos há em que o seu enunciado corresponde a uma mera actividade (“representar, numa primeira aproximação, as moléculas como associações de átomos esféricos”), não esclarecendo qualquer intenção. Também não se vislumbra qualquer incremento de informação útil para os professores quando a mesma ideia é apresentada, simultaneamente, como conteúdo (“a visualização dos átomos em termos de núcleo e nuvem electrónica”) e como objectivo (“visualizar os átomos em termos do modelo da nuvem electrónica”).

A nível da correcção científica de conceitos, alguns comentários podem também ser feitos. A título pontual refira-se, por exemplo, no 9º ano, “... átomo neutro” (poderá um átomo não o ser?) ou a associação de número atómico ao número de prótons no núcleo dos iões de um átomo (não é o número atómico um atributo de elemento químico?).

Também a justificação apresentada, no programa, para o uso da expressão “Número de Avogadro”, em vez de “Constante de Avogadro”, nos suscita discordância. Os seus autores reconhecem que se trata de uma designação não correcta, ao assumirem, “sem prejuízo de maior, deixar este rigor para mais tarde”, com base em que a segunda expressão “supõe referência à proporcionalidade entre o número de unidades estruturais e a porção de substância”. Pode questionar-se se, no final da escolaridade básica, os alunos não deverão compreender a noção de proporcionalidade aplicada a outras áreas de conhecimento, que não a Matemática.

Por outro lado, pode também perguntar-se se a inclusão do conceito de “quantidade de substância e da respectiva unidade SI - a mole” será relevante ao nível da escolaridade básica. Não parece que o conjunto dos conceitos definidos para uma Química de escolaridade básica necessite da utilização) do significado próprio desta grandeza física. Exceptua-se o caso do conceito de “concentração de solução” que, em vez de quantidade de substância por unidade de volume, poderia, por agora, ser abordado na tão corrente versão de massa por unidade de volume. Os alunos que vierem a prosseguir estudos terão oportunidade de, logo no início do ensino secundário, desenvolver o conceito. A este propósito, a literatura tem retratado que, em todo o mundo, o conceito é difícil de aprender e de ensinar (Strörndahl et al., 1988; Tullberg et al., 1988).

Ainda relativamente ao programa da componente de Química, parece importante salientar que não é clara a diferenciação entre conceitos relativos ao comportamento da matéria e aos modelos explicativos correspondentes. Por exemplo, identificar e caracterizar tipos de reacções químicas, ao nível macroscópico, é epistemologicamente diferente de usar modelos explicativos da constituição das substâncias envolvidas em tais reacções.

Neste quadro, pode dizer-se que o programa não explicita a diferença acima referida para conceitos estruturantes e centrais de Química, como os de átomo, molécula ou ligação química. Esta omissão propicia, quase inevitavelmente, a tão frequente confusão evidente nos alunos no que respeita à transposição de atributos do domínio macroscópico para o microscópico.

É hoje consensual que na educação científica desejada para todos (a nível da escolaridade básica) se inclui a compreensão de modelos explicativos da realidade, enquanto construções teóricas úteis para esse fim. O carácter dinâmico da Ciência não advém da alteração da realidade, mas, fundamentalmente, da evolução dos modelos que a interpretam.

Ora, o programa do 9º ano começa pelo conceito de átomo, referindo expressamente “a visualização dos átomos em termos de núcleo e nuvem electrónica” como um aspecto a desenvolver. Como as sugestões metodológicas correspondentes referem que “deve apresentar-se uma visualização correcta do átomo em detrimento do estudo de modelos teóricos de interesse histórico”, poderá pensar-se que a proposta apresentada não é, em si mesma, também um modelo teoricamente construído, de valor equivalente, hoje, ao que outros modelos tiveram em épocas passadas. A ênfase

posta na “visualização dos átomos em termos de...”, a nível dos conteúdos, deveria, no nosso entender, ser substituído pela “utilização de modelos para interpretação de...”.

OUTROS PROGRAMAS

Nesta secção serão apreciados conjuntamente os programas de Educação Visual e Tecnológica (2º CEB) e Educação Tecnológica (3ºCEB), uma vez que, não tendo sido especialmente concebidos na óptica da Educação em Ciências, neles perpassam saberes relevantes para a formação dos alunos neste domínio.

Esta ideia talvez pareça mais evidente ao nível da disciplina do 3º CEB, logo pela designação que lhe é atribuída. Contudo, o seu carácter opcional remete-a, quase forçosamente, para um estatuto secundário. Vejamos o que acontece, em cada um desses ciclos, relativamente aos conteúdos, por apreciação dos Quadros 2.7 e 2.13.

No caso do 2º Ciclo, o contributo para a Educação em Ciências é dado através da exploração de diversos materiais, relativamente à sua natureza, à sua estrutura, ao seu comportamento físico (propriedades) e químico (transformações), ao seu aproveitamento, à forma como interagem (acção de forças) e às dimensões dos objectivos a que dão origem.

Quanto à disciplina do 3º Ciclo, parece apresentar-se numa perspectiva de continuidade em relação à anterior, embora mais desenhada para a produção de artefactos, o que, necessariamente, mobiliza conteúdos típicos da Física (circuitos eléctricos; emissores e receptores de som; transformadores de vibrações electromagnéticas em mecânicas e vice-versa; aparelhos de medida de grandezas várias;...). Sucede, porém, que a maioria dos conceitos envolvidos são parte integrante do programa de Física do 8º ano, o que, necessariamente, provocará uma situação de repetição. A este aspecto voltaremos na secção seguinte.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Constitui propósito deste estudo, tal como se havia referido, desde logo, na sua introdução, caracterizar a educação científica veiculada pelos programas da escolaridade obrigatória, Essa intenção foi posta em prática através da análise dos programas previamente identificados como sendo os que propiciam aprendizagens no domínio das Ciências ditas da Natureza. A análise foi conduzida segundo dimensões hoje consignadas como fundamentais na construção de saberes de, sobre e para com a Ciência.

Relativamente à dimensão “Conteúdos de Ciências” e tendo em conta a opção tomada pelos nove “Conceitos Globalizantes Transversais” (CGT) descritos no capítulo “Análise dos Programas segundo a Dimensão Conteúdos de Ciências”, algumas considerações vão agora ser elaboradas caso a caso.

CGT 1: Modelo de Estrutura da Matéria

Este CGT, embora designado por “modelo”, contempla conceitos relativos à natureza macroscópica da matéria, alguns dos quais percussores do próprio conceito de “estrutura da matéria”. É por isso que nele se incluíram noções relativas a comportamentos de substâncias e materiais (flutuação, dissolução,...), bem como relativas a grandezas físicas associadas a esses comportamentos (massa, solubilidade, densidade, condutibilidade eléctrica,...). Neste CGT integram-se também conceitos explicativos desses comportamentos. É o caso do modelo de substância (átomo, molécula,

ião,...), do modelo de estado físico (sólido, líquido,...), e do modelo de propriedade física (condutibilidade eléctrica,...).

Ao nível do Pré-Escolar e do 1º Ciclo, verifica-se uma abordagem de aspectos macroscópicos deste CGT, embora sem continuidade nos 3º e 4º anos.

No 2º Ciclo, é retomada idêntica abordagem macroscópica em contextos semelhantes (água e ar), mas orientada para a ligação destes à vida. Realce-se o desenvolvimento que, na disciplina de Educação Visual e Tecnológica, é dado a propriedades dos materiais.

Quanto ao 3º Ciclo, este CGT é omissa no 7º ano, passando a surgir na sua vertente de “modelo” ao longo dos 8º e 9º anos, embora só nas Ciências Físico-Químicas.

É notório, entre estes dois anos de escolaridade, o desacerto existente nas disciplinas de Ciências Naturais (8º ano) e Ciências Físico-Químicas (9º ano) no que respeita a “prótidos/proteínas”, “lípidos/gorduras”, “glicídios/hidratos de carbono”. Os alunos são, assim, confrontados com as mesmas noções, embora designadas de forma diferente, em dois anos consecutivos, sem que ressalte evidente qualquer ganho dessa organização programática. Aliás, a inclusão destes conteúdos na disciplina de Ciências Naturais no 8º ano pode considerar-se prematura, já que os alunos estarão, nesse mesmo ano e, eventualmente, até depois (o programa pode começar pela componente de Física), a fazer a iniciação à Química e à sua linguagem simbólica.

Do que acaba de ser dito, este conceito globalizante é desenvolvido transversalmente nos programas, com rupturas na segunda metade do 1º Ciclo e com um sentido de evolução do macro para o microscópico e do descritivo para o interpretativo. Se, deste ponto de vista, não parece questionável a imagem que os alunos podem construir sobre a natureza da matéria, já não é tão inequívoca a natureza do próprio conceito de modelo que perpassa os programas.

CGT 2: Transformações da Matéria

Neste CGT incluem-se conceitos que permitem explicar transformações físicas e químicas, macroscopicamente observáveis, de forma directa ou indirecta. E o caso das mudanças de estado (solidificação,...), do efeito da temperatura sobre os materiais (dilatação,...), de reacções químicas em contextos reais (combustões,...) ou de importância para a vida (digestão de alimentos,...).

No entanto, é só no 4º ano que os alunos se confrontam com aprendizagens deste domínio, nomeadamente através da abordagem das mudanças de estado da água. Tal situação é, no mínimo, desadequada, por adiar o tratamento de transformações que, desde muito cedo, os alunos observam na sua vida quotidiana e que, por isso, lhes suscitam interrogações. Basta recordar a obtenção doméstica de gelo e o embaciamento dos vidros de uma janela em dias frios...!

Nas Ciências da Natureza (2º Ciclo), a tónica dos programas é posta nos seres vivos, quer através de aspectos que lhes são externos (ar,...), quer através de processos que os sustentam (respiração, fotossíntese,...). Com a disciplina de Educação Visual e Tecnológica é salientada a transformação de umas substâncias em outras e a modificação de proporções de combinação entre elas (extracção de matérias primas), conceitos estes que voltam a ser abordados na disciplina de Educação Tecnológica (3º Ciclo).

Mas é no 3º CEB que este tema assume maior destaque e, particularmente, na disciplina de Ciências Físico-Químicas, quer com a introdução de um conceito operacional de reacção química versus transformação física, quer ainda com a adopção de um modelo (embora simplificado) de reacção química e da respectiva simbologia. Em seguida, o programa aborda alguns casos especiais: tipos de reacções (reacções de ácido-base, reacções de oxidação-redução,...) e reacções típicas de famílias de compostos (hidrogenação de hidrocarbonetos insaturados, hidrólise de polissacarídeos,...).

Ao nível das Ciências Naturais, o tema não tem tratamento especial. No 7º ano, o enfoque limita-se ao contexto ambiental dos recursos naturais e, no 8º ano, aos processos biológicos onde as reacções químicas (e também transformações físicas) são importantes (digestão, respiração,...). Parece, no entanto, que também aqui o tratamento ficará prejudicado, visto os alunos estarem a fazer (ou fazerem posteriormente) a iniciação à Química.

Em síntese, o conceito globalizante “Transformações da Matéria” é desenvolvido transversalmente nos programas, a partir do 4º ano, evoluindo de uma abordagem mais operacional para um tratamento mais formal. No entanto, a continuidade não é sempre pacífica. E o caso das Ciências Naturais (3º Ciclo) e mesmo das Ciências da Natureza (2º Ciclo), onde é relativamente fácil os professores enveredarem por conceitos que só poderão vir a ser razoavelmente desenvolvidos na Química. A título de exemplo, destaque-se o conceito de combustão (2º Ciclo) associado aos conceitos de combustível e comburente (designações geradoras de alguma polémica entre investigadores, pela quota de responsabilidade que se lhes atribui em algumas concepções alternativas desenvolvidas pelos alunos sobre o conceito de reacção química (Martins, 1993)). Não se pretende, no entanto, defender que as combustões não devam ser introduzidas a nível operacional antes do 8º ano, mas tão só salientar que o programa de Química se torna, no mínimo, ridículo aos olhos dos alunos, ao pretender fazer a iniciação a conceitos, terminologia e linguagem simbólica que há muito tempo os alunos já conhecem e outros professores lhes exigiram.

CGT 3: Interações em Sistemas

Neste CGT procuram-se interrelacionar conceitos que permitem explicar os agentes e mecanismos de interacção entre sistemas, em contacto e à distância. É o caso das forças (atrito, gravítica,...), dos fluxos energéticos entre sistemas (calor, degradação de energia,...) e de conceitos fundamentais, ainda que de maior exigência cognitiva (campo gravítico, campo eléctrico,...).

Da análise conduzida sobre os programas ressalta que, apenas no 5º ano, existe uma descontinuidade no seu tratamento. Ao nível do Pré-escolar é feita a iniciação às interacções magnéticas, que é continuada apenas no 3º ano. As interacções gravíticas estendem-se ao longo do 1º Ciclo, com interrupção no 2º ano.

No 2º Ciclo, a abordagem deste conceito globalizante circunscreve-se ao tema da energia (transferências entre sistemas e formas em que, neles e entre eles, se manifesta) e ainda à relação entre forças e movimento de objectos por elas actuados.

Ao nível do 3º Ciclo, e no caso das Ciências Naturais (7º ano), a preocupação inerente a este conceito globalizante diz respeito aos processos que justificam a posição do planeta Terra no Universo e no Sistema Solar em particular, bem como algumas das transformações que ocorrem no seu interior e à superfície. No 8º ano, os conceitos são orientados para processos explicativos da existência de algumas funções vitais.

Mas é na disciplina de Ciências Físico-Químicas que este CGT assume maior destaque, aprofundando interacções de contacto e à distância entre sistemas, que vão da Astronomia (macrocósmico) às atracções e repulsões electrostáticas. Os sistemas de forças e a sua relação com o movimento de um objecto por elas actuado formam um conjunto de conceitos importantes, bem como as manifestações de energia em transferências de um sistema para outro. Refira-se que, na disciplina de Educação Tecnológica, se repetem, ou antecipam, muitos destes conceitos, situação que não parece ser particularmente útil.

Sistematizando, o conceito globalizante “Interações em Sistemas” apresenta-se apenas com ruptura no 5º ano, quando apreciado no seu todo. No entanto, o desenvolvimento não é igualmente equilibrado nos conceitos que comporta (veja-se a distribuição dos conceitos em extensão), nem na sua natureza (por exemplo, as acções magnéticas são introduzidas no 3º ano e só voltam a ser

retomadas no 8º ano). A par desta situação, surgem outras de natureza oposta: os mesmos conceitos são abordados em anos e disciplinas diferentes, sem se perceber o que de novo é acrescentado. Assim sucede com “fontes e manifestações da energia” em Educação Visual e Tecnológica (2º Ciclo), Ciências Físico-Químicas (9º ano) e Educação Tecnológica (3º Ciclo).

CGT 4: Ondas e Radiações

Através do CGT “Ondas e Radiações”, procuram-se desenvolver tópicos subsidiários da compreensão de interações em sistemas do tipo mecânico (ondas mecânicas), de interações de natureza electromagnética (radiação luminosa) e ainda tópicos explicativos de efeitos provocados em sistemas, devido a interações ocorridas (fenómenos de reflexão, de refração, de difracção,...).

Da análise conduzida sobre os programas do 1º Ciclo verifica-se que a situação não é uniforme, ao longo de todos os anos. No 1º e 4º anos são abordados conceitos relativos ao “som” e no 3º ano são tratados fenómenos relacionados com a “luz”. Aliás, estes são iniciados logo ao nível do Pré-Escolar.

No 2º Ciclo, apenas em Educação Visual e Tecnológica se tratam conceitos relativos a “luz e cor”.

O desenvolvimento deste CGT assume a sua relevância máxima no 3º Ciclo, na disciplina de Ciências Físico-Químicas, a qual se ocupa de um vasto número de conceitos que serão um suporte importante para o conhecimento dos alunos nesta arca. O tratamento feito na disciplina de Educação Tecnológica representa uma mera repetição do já abordado na Física.

Em suma, trata-se de um conceito globalizante explorado essencialmente em disciplinas de Física, com uma primeira abordagem, de carácter operacional, ao nível do 1º Ciclo.

CGT 5: Sistemas Eléctricos e Electrónicos

Neste conceito globalizante procura-se aprofundar a compreensão, pelos alunos, da constituição de sistemas eléctricos e electrónicos, quer no que respeita aos seus componentes (gerador, condensador, diodo,...), quer relativamente a conceitos básicos (corrente eléctrica, resistência, diferença de potencial,...).

O tratamento dispensado nos programas a este CGT não é uniforme, sendo desenvolvido praticamente só nos 8º e 9º anos, na disciplina de Ciências Físico-Químicas. A disciplina de Educação Tecnológica, e também neste CGT, nada de novo acrescenta, já que os conceitos referidos no seu programa também o são no anterior.

Da análise conduzida verifica-se que é no último ano do 1º Ciclo que os alunos são confrontados, pela primeira vez, com a operacionalização de alguns conceitos importantes no domínio em referência. Esta será a intenção com que se propõe a realização de “experiências simples com pilhas, lâmpadas e fios”, que permitirá a construção de um primeiro conceito de circuito eléctrico e de material melhor ou pior condutor da corrente eléctrica. Parece-nos, no entanto, que o intervalo deixado entre a iniciação (4º ano) e a abordagem mais formal (8º ano) poderá ser demasiado extenso para que os eventuais ganhos da primeira etapa possam ser devidamente rentabilizados pelos alunos na segunda fase.

CGT 6: Organização, Manutenção e Evolução dos Sistemas Vivos

O conceito globalizante em causa é aquele que, por excelência, se debruça sobre tópicos que permitirão aos alunos compreender o que são sistemas vivos e o que os separa dos sistemas não vivos.

O desenvolvimento consignado nos programas vai desde uma descrição e interpretação de índole macrossistémica (biosfera, biodiversidade animal e vegetal,...), aos sistemas biológicos particulares: onde o ser humano ocupa um lugar de destaque (daí serem tratados os principais constituintes e funções que os suportam). Sistemas biológicos importantes são também os do domínio vegetal, havendo preocupação pela sua caracterização morfológica, mas também pela compreensão de mecanismos que permitem a vida das plantas (é o caso da fotossíntese, da respiração...).

Mas a preocupação dos programas com o conceito de vida vai mais longe, ao incluir neles registos que permitirão dar contributos para a compreensão de percursos da vida, quer ao nível dos sistemas, quer de factores externos que lhes estiveram associados. Esta poderá ser, por exemplo, uma dimensão de exploração do estudo dos “fósseis como indicadores de idade e de ambientes”.

Outra intenção deste CGT nos programas parece ser o conceito de vida saudável, já que é dado algum destaque a doenças transmissíveis de uns indivíduos para outros (doenças venéreas, hepatite,...), a processos de as evitar (higiene, vacinação,...) e a atitudes que, desde muito cedo, importa conhecer e praticar (dietas alimentares...).

Passando agora à apreciação deste CGT ao longo da escolaridade básica, verifica-se que ele está presente nos programas do 1º ao 8º anos, compreendendo muitos conceitos associados a terminologia específica.

Ao nível do Pré-Escolar e do 1º Ciclo há uma preocupação com a descrição morfológica de animais e plantas. O corpo humano é o aspecto mais saliente nos temas relativos à vida animal, verificando-se também preocupação com factores do ambiente externo, condicionantes da qualidade de vida (segurança, higiene, primeiros socorros,...). Quanto à vida vegetal, a grande preocupação reside na caracterização morfológica das plantas, na sua relação com condições ambientais e ainda em formas de reprodução de plantas.

No 2º Ciclo a tónica é colocada, de novo, na morfologia e no desenvolvimento de animais e plantas. Surge, pela primeira vez, o conceito de célula como entidade estruturante dos conceitos de tecido, órgão e organismo. Também a classificação dos seres vivos, com recurso a chaves dicotómicas, é aqui incluída. É também neste ciclo (6º ano) que o funcionamento de sistemas das plantas e do ser humano é aprofundado, com especial atenção a questões relativas à prevenção e combate à doença. É neste ciclo que se introduz o conceito de microorganismo.

Os aspectos de saúde e segurança pessoal são reforçados na disciplina de Educação Física nos 2º e 3º Ciclos. Relativamente ao 3º Ciclo, o contributo para este CGT é dado apenas pela disciplina de Ciências Naturais, de forma muito mais extensa no 8º ano. Enquanto no 7º ano somente é abordada a história e idade da Terra na lógica de macrossistema, no 8º ano a preocupação é focalizada exclusivamente no estudo do corpo humano.

O que acaba de ser dito traduz a omissão, no último ano da escolaridade básica (e, em muitos casos, último ano de escolarização para grande número de jovens ou último ano de educação científica formal também para muitos outros) do aprofundamento de uma temática de importância vital na formação pessoal e social dos jovens. Algumas questões relacionadas com o domínio biológico (por exemplo, a manipulação genética) levantam problemas de ordem ética, os quais, embora distintos dos de natureza técnico-científica, deverão ser ponderados em articulação para, sobre eles, se poder construir uma opinião. Ora, os alunos do 9º ano encontram-se em idades de desenvolvimento fisiológico em que as questões relativas ao funcionamento do seu corpo assumem particular relevância. Um programa que desperdiça a potencialidade de explorar aspectos de elevada motivação para os jovens, e de reconhecida pertinência educacional, é de organização bastante questionável.

Realce-se, como síntese, a ideia de que o corpo humano constitui preocupação central desde o Pré-Escolar ao 8º ano, com interrupções nos 5º e 7º anos. No entanto, esta incidência não corresponde sempre ao mesmo nível de desenvolvimento para todos os conceitos abordados.

CGT 7: Dinâmica e Homeostasia dos Ecossistemas

O conceito globalizante “Dinâmica e Homeostasia dos Ecossistemas” aglutina conceitos referentes a factores que influenciam e condicionam os ecossistemas. E neste CGT que cabe a discussão aberta, tão actual, sobre as influências mútuas entre clima e actividade biológica, onde a actividade humana tem especial relevo. Idêntica questão se coloca entre a poluição e a qualidade de vida, que se afectam mutuamente.

Apreciando a distribuição deste conceito globalizante ao longo da escolaridade básica, verifica-se uma omissão nos 3º e 8º anos e uma fraca incidência nos dois primeiros anos. Nestes, são os factores do clima que constituem o conteúdo dominante, enquanto que, no 4º ano, a tónica é colocada em factores que modificam a qualidade do ambiente. nomeadamente do ar e da água.

No 2º Ciclo, as ideias desenvolvidas são de âmbito semelhante às abordagens no ciclo anterior, acrescentando problemas relativos à qualidade do solo, ao esgotamento de recursos, bem como à relação entre factores ambientais e diversidade de seres vivos.

No 3º Ciclo, é clara a distinção entre a abordagem no 7º ano (Ciências Naturais) e no 9º ano (Ciências Físico-Químicas). Enquanto, no 1º caso, o enfoque é feito em aspectos da Natureza e numa perspectiva de continuidade do 2º Ciclo, no 9º ano são dominantes questões relativas ao impacte ambiental de processos. tecnologias e produtos desenvolvidos pelo ser humano (reações químicas, irradiação de alimentos, CFC e camada do ozono).

O contributo da Educação Tecnológica é, de novo, uma repetição de aspectos particulares abordados (antes, depois ou em simultâneo) em outras disciplinas.

CGT 8: Geodinâmica Interna e Externa

Este CGT procura enquadrar os processos dinâmicos, enquanto causa e explicação de alterações internas e externas da Terra, quer estas sejam de carácter contínuo (a deriva dos continentes), quer de carácter ocasional (sismos e vulcões).

A abordagem inicia-se no Pré-Escolar e termina no 7º ano, com interrupções no 1º, 2º e 6º anos, o que traduz a sua fraca extensão ao longo da escolaridade básica.

Nos 3º e 4º anos, a incidência faz-se na caracterização de solos e rochas, na formação e diversidade de meios aquáticos e na acção do mar sobre a orla costeira.

No 5º ano, há um aprofundamento quanto à caracterização de alguns tipos de rochas e a processos de erosão e drenagem de solos.

No 7º ano. a preocupação do programa diz respeito aos processos de geodinâmica interna da Terra, enquanto modelos que visam a explicação da ocorrência de fenómenos de diferente visibilidade, desde a formação dos continentes e sua evolução, a sismos e vulcões. Os diferentes tipos de rochas voltam a ser abordados, com maior aprofundamento ao nível da sua constituição e relação entre esta e respectiva localização em acidentes geológicos.

Em suma, o conceito globalizante “Geodinâmica Interna e Externa” não se apresenta, de modo algum, abordado de modo transversal ao longo da escolaridade básica. Existem diversas interrupções, as quais, conjugadas com a retoma de alguns temas (por exemplo, tipo de rochas), poderão ocasionar repetições em anos distintos, não ganhando os alunos ao nível da aprendizagem e perdendo, por certo, ao nível da motivação.

CGT 9: Medição

O conceito globalizante “Medição” apresenta-se, no instrumento de análise construído para efeito de apreciação dos programas no âmbito deste estudo, com um estatuto bastante diferente dos anteriores. Com efeito, não é um corpo de conceitos legitimado por uma epistemologia disciplinar que lhes está subjacente (como se procurou fazer nos anteriores). E, sim, uma dimensão inerente a todas as ciências experimentais que, ao pretenderem recolher dados sobre os quais tecem interpretações, o devem fazer com instrumentos próprios, a cuja utilização estão associados erros. Pese embora o diferente estatuto já referido, o que está em causa neste CGT são aspectos de metrologia e, naturalmente, das grandezas físicas e respectivas unidades segundo o Sistema Internacional.

Ao nível do Pré-Escolar e do 1º Ciclo, só no 1.º ano o tema é abordado e de forma indirecta. Com efeito, a preocupação assenta na conservação do volume de uma porção de líquido contido em vasos de formas diferentes, sem que a medição do volume desse líquido seja apreciada.

No 2º Ciclo, as Ciências da Natureza (5º ano) tratam o assunto a propósito das dimensões da célula e da relação destas com as da sua imagem ao microscópio. Já a Educação Visual e Tecnológica faz uma abordagem mais específica, utilizando vários instrumentos de medição para obter valores de grandezas distintas. A relação entre unidades do Sistema Internacional e outras de uso corrente também é aqui iniciada. A disciplina de Educação Tecnológica (3º Ciclo) segue esta orientação de uso de instrumentos de medida, preocupando-se ainda com os erros associados aos processos de medição e com as convenções internacionais para sistemas de medidas.

No que concerne ao 3º Ciclo, a distinção é clara entre as Ciências Naturais e as Físico-Químicas. As primeiras omitem praticamente o assunto, apenas referindo a estimativa de idade da Terra, por recurso a processos indirectos (fósseis). As segundas assumem claramente, nos dois anos (8º e 9º), este conteúdo. São mais de duas dezenas as grandezas físicas cujo conceito é tratado, cujas correspondentes unidades do SI são definidas e cujos processos e instrumentos de medição são também abordados. Incluem-se ainda, nas Ciências Físico-Químicas, as escalas de medição e a organização de dados em formatos diversos (tabelas e gráficos).

Da apreciação global deste CGT ressalta uma forte dominância nos últimos anos da escolaridade básica, o que se justifica plenamente nos domínios em causa. A omissão registada no 1º Ciclo, no âmbito dos programas de “Estudo do Meio”, é, apesar de tudo, colmatada com as aprendizagens proporcionadas pela Matemática que, nesse Ciclo, se ocupa especificamente do tema da “Medição”. Sem prejuízo desta compensação note-se, no entanto, que seria desejável que as crianças pudessem associar a medição à recolha de dados que a experimentação em Ciências utiliza.

Feita esta apreciação dos conteúdos dos programas intra e inter-ciclos, em que se salientaram continuidades, repetições, desfasamentos e omissões, parece legítimo afirmar que esses mesmos programas apresentam, no que respeita a conteúdos, grandes potencialidades, enquanto instrumentos orientadores do trabalho a desenvolver pelos professores na educação formal em Ciências.

Retomando o que Millar (1996) defende como pilares fundamentais de uma Ciência para todos na escola, os programas em causa parecem comportar conteúdos que permitirão aos alunos compreender o que somos e onde nos situamos, a diversidade do que existe e de como interage e ainda de como promover a qualidade de vida de cada um e do próprio planeta.

No entanto, a avaliação prospectiva das potencialidades dos programas não pode restringir-se ao que os seus conteúdos poderão permitir. Com efeito, já no primeiro capítulo foi realçada a importância dos conteúdos na compreensão dos múltiplos problemas sociais de cariz científico-tecnológico, aos quais a escola deve ajudar a responder. Mas foi também aí destacada a necessidade de prestar atenção a novas orientações que hoje se reconhece deverem enformar os programas e perpassar os seus conteúdos. Ora, é em algumas dessas orientações, e para quase todos os programas analisados, que as fragilidades emergem. A explicitação destas foi objecto de descrição e discussão ao longo do terceiro capítulo.

Poder-se-á argumentar que as fragilidades de um qualquer programa serão eventualmente eliminadas por práticas adequadas dos professores. Tal ideia não pretende ser questionada e casos há que a confirmam. No entanto, essa situação é mais a exceção do que a regra, e o problema das limitações dos programas deve ser claramente assumido como uma condicionante das orientações seguidas pela generalidade dos professores. Os modelos de formação de professores, em desenvolvimento nas instituições formadoras portuguesas, são variados no modo como articulam a formação na(s) componente(s) científica(s) específica(s) e nas componentes pedagógica e científico-didáctica, bem como na extensão relativa de umas e outras. Mais ainda, não é possível descrever qual o peso que as diferentes dimensões consideradas ocupam nos programas das disciplinas de Didáctica, por falta de estudos empíricos sobre essa questão. O conhecimento avulso de alguns casos permite prever que a situação, ao nível da formação inicial dos professores, estará aí muito carenciada. Neste quadro, não será, pois, plausível pensar que os programas são instrumentos de menor importância. É natural que, aos olhos dos professores, as lacunas aqui identificadas nem sequer sobressaiam e, muito menos, que seja claro o modo de as contornar.

Outro aspecto que, ao nível da formação de professores para o ensino das Ciências, parece ser saliente do estudo aqui apresentado, é a necessidade de que o seu conhecimento sobre programas vá além dos que estritamente lhes dizem respeito. Um entendimento razoavelmente aprofundado dos programas que antecedem, que acompanham e que se seguem à(s) disciplina(s) que lecciona(m) permitirá compreender algumas dificuldades dos alunos, alguma desmotivação, o insucesso a que podem ser conduzidos e, até, o abandono de estudos no domínio científico.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS (Citadas e Recomendadas)

- AAAS - Project 2061 (1993). *Benchmarks for science literacy*. New York, Oxford: Oxford University Press.
- ALMEIDA, A. M. (1995). *Trabalho Experimental na Educação em Ciência: Epistemologia, Representações e Práticas dos Professores*. Dissertação de Mestrado (não publicada). Lisboa: Universidade Nova.
- ARGLES, M. (1964). *South Kensington to Robbins: An Account of English Scientific and Technical Education Since 1851*. London: Longmans.
- ARNAUDIN, M. e MINTZES, J. (1985). Students alternative conceptions of the human circulatory system: a cross-age study. *Science Education*, 69 (5), 721-733.
- ATKIN, J. M., e HELMS, J. (1993). Getting serious about priorities in Science education. *Studies in Science Education*, 21, 1-20.
- ATLAY, M., BENNETT, S., DUTCH, S., LEVINSON, R., TAYLOR, P. e WEST D. (eds.) (1992). *Open Chemistry*. London: Hodder & Stoughton in association with The Open University.
- AYALA, F. J. (1996). La culture scientifique de base. *Rapport Mondial sur la Science 1996*. Paris: Editions UNESCO, 1-6.
- BAIRD, J. R. (1988). Teachers in Science Education. In Fensham P. (ed.), *Developments and Dilemmas in Science Education*. East Sussex: The Falmer Press.
- BALL, N. (1964). Richard Dawes and the Teaching of Common Things. *Educational Review*, 17, 59-68.
- BANET, E. e NUÑEZ, F. (1990). Esquemas conceptuales de los alumnos sobre la Respiración. *Enseñanza de las Ciencias*, 8 (2), 105-110.
- BANET, E. e NUNEZ, F. (1996). Actividades en el aula para la reestructuración de ideas: um ejemplo relacionado con la nutrición humana. *Investigación en la Escuela*, 28, 37-58.
- BARRAGÁN, F. (1989). El pensamiento infantil sobre la reproducción: Conocimiento biológico o Social? *Témpora. Pasado y presente de la Educación*, 13-14; 31-51. Facultad de Filosofía y Ciencias de la Educación, Universidad de la Laguna.
- BASTIDA, M. F. et al. (1994). Qué hacer con los conceptos previos?: El caso de la nutrición humana. *Alambique*, 2, 112-118.
- BAZAN, M. (1984). *La Construction du Concept de Respiration chez les élèves de premier cycle de l'enseignement secondaire*. Thèse de 3ème cycle, Université Paris VII.
- BINGLE, W. H. e GASKEL, P. J. (1994). Scientific literacy for decision-making and the social construction of scientific knowledge. *Science Education*, 78 (2), 185-201.
- BISHOP, G. D. (1961). *Physics Teaching from Early Times up to 1850*. London: P. R. M. Publishers.
- BYBEE, R. (1993). *Reforming Science Education. Social perspectives and personal reflections*. New York, London: Teachers College Press.
- CAAMANO, A. (1995). La educación CTS: una necesidad en el diseño del nuevo curriculum de ciencias. *Alambique*, 3, 4-6.

- CAAMANO, A. (1996). La comprensión de la naturaleza de la ciencia. Un objetivo de la enseñanza de las ciencias en ESO. *Alambique*, 8, 43-51.
- CAAMANO, A., CARRASCOSA, J. e OÑORBE, A. (1994). Los trabajos prácticos en las Ciencias Experimentales. *Alambique*, 2, 4-5.
- CACHAPUZ, A. (1995). O ensino das ciências para a excelência da aprendizagem. In Carvalho, A. D. (ed). *Novas metodologias em educação*. Porto: Porto Editora, 349-385.
- CACHAPUZ, A. F. (1992). Filosofia da Ciência e Ensino da Química: repensar o trabalho experimental. In Mesa et al. (eds), *Las Didácticas Específicas en la Formación del Profesorado*. Santiago de Compostela: Tórculo Ediciones, Vol. 1, 357-364.
- CACHAPUZ, A. F. (1995). Ensino da Química na perspectiva de trabalho científico: o exemplo da termodinâmica. *Química Nova*, 18 (1), 91-96.
- CAMPBELL, B., LAZONBY, J. MILLAR R., NICOLSON, P., RAMDSEN, J. e WADDINGTON, D. (1994). A case Study of the Process of Large Scale Curriculum Development. *Science Education*, 78 (5), 415-447.
- CANE, B. S. (1959-60). Scientific and Technical Subjects in the Curriculum of English Schools at the Turn of the Century. *British Journal of Educational Studies*. 8, 52-64.
- CARVALHO, A. M. e GIL-PÉREZ, D. (1995). *Formação de Professores de Ciências — tendências e inovações*, 2ª ed.. São Paulo: Cortez Editora, Col. Questões da Nossa Época.
- COLL, C. (1988). El papel del curriculum en el proceso de reforma de la enseñanza. In Huarte, F., *Temas actuales sobre Psicopedagogía y Didáctica*. Madrid, Narcea, 42-55.
- CROSS, R. T. e PRICE, R. F. (1995). Science Teachers social conscience and the role of controversial issues in the teaching of science. *Journal of Research in Science Teaching*, 33 (3), 319-333.
- CRUZ, M. N. (1989). *Utilização de estratégias metacognitivas no desenvolvimento da capacidade de resolução de problemas — um estudo com alunos de Física e Química do 10º ano*. Dissertação de Mestrado, Projecto Dianoia. Departamento de Educação da Faculdade de Ciências, Universidade de Lisboa.
- DRIVER, R., GUESNE, E. e TIBERGHEN, A. (eds.) (1985). *Children's Ideas in Science*. Milton Keynes: Open University Press.
- DRIVER, R., SQUIRES, A., RUSHWORTH, P. e WOOD-ROBINSON, V. (1994). *Making Sense of Secondary Science. Research into children's ideas*. London, New York: Routledge.
- DUARTE, M. C. e FARIA, M. A. (1992). Ciência do professor e conhecimentos dos alunos. In Pereira, M. (coord.). *Didáctica das Ciências da Natureza*. Lisboa, Universidade Aberta, 62-97.
- FENSHAM, P., GUNSTONE, R. e WHITE, R. (eds.) (1994). *The Content of Science: A constructivist approach to its teaching and learning*. London: The Falmer Press.
- FREITAS, M. (1989). Distinção entre ser vivo e ser inanimado: uma evolução por estádios ou um problema de concepções alternativas? *Revista Portuguesa de Educação*, 2 (1), 33-51.
- FURIÓ, C. (1996). Las concepciones del alumnado en ciencias: dos décadas de investigación. Resultado e tendências. *Alambique*, 7, 7-17.
- GARDNER, P. (1994). Representations of the relationship between science and technology in the curriculum. *Studies in Science Education*, 24, 1-28.

- GARNETT, P. J. e HACKLING, M. W. (1995). Students' Alternative Conceptions in Chemistry: A Review of Research and Implications for Teaching and Learning. *Studies in Science Education*, 25, 69-95.
- GARRET, R. M. (1995). Resolver problemas en la enseñanza de las Ciencias. *Alambique*, 5, 6-15.
- GIERE, R. N. (1989). A Natureza da Ciência. *Colóquio / Ciência*, 6, 72-84.
- GIL PÉREZ, D. (1993). Contribución de la historia y de la filosofía de las ciencias al desarrollo de un modelo de enseñanza / aprendizaje como investigación. *Enseñanza de las Ciencias*, 11 (2), 197-212.
- GIL PÉREZ, D., MARTINEZ TORREGOSA, J. e SENENT PÉREZ, F. (1988). El fracaso en la resolución de problemas de física: una investigación orientada por nuevos supuestos. *Enseñanza de las Ciencias*, 6 (2), 131-144.
- GIORDAN, A. e DE VECCHI, G. (1988). *Los orígenes del saber. De las concepciones personales a los conceptos científicos*. Sevilla: Díada.
- GIORDAN, A., HOST, V., TESI, D. e GAGLIARDI, R. (1988). *Conceptos de Biología II. La teoría celular. La fecundación. Los cromosomas y los genes. La evolución*. Madrid: MEC / Labor.
- GIORDAN, A., RAICHVARG, D., DROUIN, J. M., GAGLIARDI, R. e CANAY, A. M. (1988). *Conceptos de Biología I. La respiración. Los microbios. El ecosistema. La neurona*. Madrid: MEC / Labor.
- GOFFARD, M. (1994). *Le Problème de Physique et sa Pédagogie*. Paris: ADAPT.
- GONZÁLEZ GARCÍA, M. I., LÓPEZ CERREZO, J. A. e LUJÁN LOPEZ, J. L. (1996). *Ciencia, Tecnología y Sociedad. Una introducción al estudio social de la ciencia y la tecnología*. Madrid: Tecnos.
- GOOD, R. G. (1994). Humanizando a Ciência. *Revista de Educação*, IV, (1/2), 113-115.
- GOODSON, I. F. (1997). *A Construção Social do Currículo*. Lisboa: EDUCA, Coleção Educa-Currículo.
- GOUANELLE, C. e SCHNEEBERGER, P. (1996). Utilisation de schémas dans l'apprentissage de la Biologie à l'école: la Reproduction Humaine. *ASTER*, 22, 57-86.
- GOUVEIA, R., COSTA, N., LOPES, J. (1995). A Evolução do Conceito de Problema em Acções de Formação de Professores de Física e Química. Aveiro: *CIDInE*, 69-86.
- HARLEN, W. (1988). *Primary Science - Taking the Plunge*. London: Heinemann Educational Books.
- HERRON, J. D. (1996). *The Chemistry Classroom. Formulas for Successful Teaching*. Washington: American Chemical Society.
- HODSON, D. (1988). Science Curriculum Change in Victorian England: A Case Study of the Science of Common Things. In Goodson, I. F. (ed.). *International Perspectives in Curriculum History*. London, New York: Routledge.
- HODSON, D. (1992). Redefining and reorienting practical work in School Science. *School Science Review*, 73 (264), 65-78.
- HODSON, D. (1993). Re-thinking old ways: towards a more critical approach to practical work in School Science. *Studies in Science Education*, 22, 85-142.

- HODSON, D. (1994). Hacia un enfoque más crítico del trabajo de laboratorio. *Enseñanza de las Ciencias*, 12 (3), 229-313.
- HOLBROOK, J. B. (1992). Teaching Science the STS Way. In YAGER, R. E. (ed.), *The Status of Science-Technology-Society Reform Efforts around the World*, ICASE YEARBOOK 1992.
- HOLTON, G. (1993). *Science and Anti - Science*. Cambridge, M., London: Harvard University Press.
- HURD, P. D. (1987). Ciência-Tecnologia-Sociedade: um novo contexto para o ensino da ciência no secundário. *Revista CTS*, 2, 50-55.
- HURD, P. De Hart (1994). New minds for a new age: Prologue to modernizing the science curriculum. *Science Education*, 78 (1), 103-116.
- JENKINS, E. W. (1994). Public understanding of science and science education for action. *J. Curriculum Studies*, 26 (6), 601-611.
- KULM, G. (1990). New Directions for Mathematics Assessment. In Kulm, G. (eds), *Assessing Higher Order Thinking in Mathematics*. Washington, DC: American Association for the Advancement of Science, 71-78.
- LAYTON, D. (1973). Science for the People: *The Origins of the School Science Curriculum in England*. London: George Allen and Unwin.
- LAYTON, D. (1994). STS in the school curriculum. A movement overtaken by history?. In Solomon, J. e Aikenhead, G. (eds.), *STS Education - International Perspectives on Reform*, New York: Teachers College Press, 32-44.
- LEVINSON, R. e THOMAS, J. (eds.) (1997). *Science Today. Problem or crisis?*. London, New York: Routledge.
- LOPES, J. M .G. (1994). *Supervisão do Trabalho Experimental no 3º ciclo do Ensino Básico: um modelo inovador*. Dissertação de Mestrado (não publicada), Universidade de Aveiro.
- MARTINS, I. P. (1993). Concepções alternativas sobre a energia nas reacções químicas. In Cachapuz, A. (coord.), *Ensino das Ciências e Formação de Professores*, 2, Universidade de Aveiro, Projecto Mutare, 7-38.
- ME, DEB (Ministério da Educação, Departamento da Educação Básica) (1995). *Programa de Ciências Físico-Químicas, Programa e Organização Curricular, Ensino Básico, - 3º ciclo*. Lisboa: INCM.
- ME, DGEBS (Ministério da Educação, Direcção Geral do Ensino Básico e Secundário) (1991). *Programa de Ciências Naturais, Plano de Organização do Ensino - Aprendizagem, Ensino Básico 3º ciclo*. Vol. II. Lisboa: INCM.
- MEMBIELA, P. (1995). CTS en la enseñanza-aprendizaje de las Ciencias Experimentales. *Alambique*, 3, 7-11.
- MILLAR, R. (ed.) (1989). *Doing Science. Images of Science in Science Education*. London: The Falmer Press.
- MILLAR, R. (1996). Towards a Science curriculum for public understanding. *School Science Review*, 77(280), 7-18.
- NATIONAL RESEARCH COUNCIL (1996). *National Science Education Standards*. Washington: National Academy Press.

- OSBORNE, R. e FREYBERG, P. (eds.) (1985). *Learning in Science: the Implications of Children's Science*. London: Heinemann.
- PEDRETTI, E. e HODSON, D. (1995). From Rhetoric to Action: Implementing STS Education through Action Research. *Journal of Research in Science Teaching*, 32 (5), 463-485.
- PEDRINACI, E. (1992). Las rocas tienen una historia que contarnos. *Aula*, 4-5, 33-35.
- PÉREZ DE EULATE, L. (1993). Revisión bibliográfica sobre preconceptos en fisiología de la nutrición humana. *Enseñanza de las Ciencias*. 11 (3), 345-348.
- PFUNDT, H. e DUIT, R. (1994). *Students' alternative frameworks and science education*. Kiel: Institute for Science Education, 4ª ed.
- POMBO, O. (1993). A interdisciplinaridade como Problema Epistemológico e Exigência Curricular. *Inovação*, 6, 173-180.
- PORRÚA, J. C. e PÉREZ-FROIZ, M. (1993). Epistemologia y Formación del Profesorado. *Actas do IV Encontro Nacional de Docentes de Ciências da Natureza*, Universidade de Aveiro, 64-72.
- POZO, J. (1996). Las ideas del alumnado sobre la ciencia: de dónde vienen, a dónde van... y mientras tanto qué hacemos con ellas. *Alambique*, 7, 18-26.
- RODERICK, G. W. e STEPHENS, M. D. (1972). *Scientific and Technical Education in Nineteenth Century England: A Symposium*. Newton Abbot: David S. Charles.
- ROYAL SOCIETY (1987). A compreensão da Ciência pelo público. *Revista CTS*, 2, 83-102.
- RUTHERFORD, F. J. e AHLGREN, A. (1990). *Ciência para Todos* (Tradução de C. C. Martins, 1995). Lisboa: Gradiva.
- SANTOS, M. E. (1991). *Mudança Conceptual na sala de aula*. Lisboa: Livros Horizonte.
- SANTOS, M. E. (1992). As concepções alternativas dos alunos à luz da epistemologia Bachelardiana. In Cachapuz, A. (coord.), *Ensino das Ciências e Formação de Professores, 1*, Universidade de Aveiro, Projecto Mutare, 35-56.
- SANTOS, M. E. (1994). *Área Escola / Escola - Desafios Interdisciplinares*. Lisboa: Livros Horizonte. Coleção Biblioteca do Educador.
- SANTOS, M. E. et al. (1997). *Ensino das Ciências*. Lisboa: Instituto de Inovação Educacional. Coleção Temas de Investigação, 3.
- SERRANO, M. C. L. R. (1996). *Formação de Professores de Ciências (Geologia e Química) e a abordagem de temas multidisciplinares*. Dissertação de Mestrado (não publicada), Universidade de Aveiro.
- SHUELL, T. J. (1987). Cognitive Psychology and Conceptual Change: Implications for Teaching Science. *Science Education*. 71(2), 239-250.
- SOLBES, J. e VILCHES, A. (1992). El modelo constructivista y las relaciones Ciencia / Técnica / Sociedad (CTS). *Enseñanza de las Ciencias*, 10 (2), 181-186.
- SOLOMON, J. (1987). Social Influences on the Construction of Pupils' Understanding of Science. *Studies in Science Education*, 14, 63-82.
- SOLOMON, J. (1993). *Teaching Science, Technology and Society*. Buckingham: Open University Press. SOLOMON, J. (1994). The Rise and Fall of Constructivism. *Studies in Science Education*, 23, 1-19.

- SOLOMON, J. e AIKENHEAD, G. (eds) (1994). *STS Education — International Perspectives on Reform*. New York: Teachers College Press.
- STRÖMDAHL, H., TULLBERG, A. e LYBECK, L. (1988). Chemistry Educators' conceptions of 1 mol. Proceedings of the International Seminar *Empirical Research in Science and Mathematics Education*, University of Dortmund, 19-128.
- TULLBERG, A., STRÖMDAHL, H. e LYBECK, L. (1988). Chemistry Educators' Conceptions of how to teach "The mole". Proceedings of the International Seminar *Empirical Research in Science and Mathematics Education*, University of Dortmund, 129-155.
- TURNER, D. M. (1927). *History of Science Teaching in England*. London: Chapman and Hall.
- VALENTE, M. O., NETO, A. J. e VALENTE, M. (1990). Resolução de problemas em física-necessidade de uma ruptura com a didáctica tradicional. *Gazeta de Física*, 12 (2), 70-78.
- VAZ, M. E. e VALENTE, M. O. (1995). Atmosfera CTS nos currículos e manuais. *Noesis*, 34, 22-27.
- VEIGA, M. L. COSTA PEREIRA, D. e MASKILL, R. (1989). Teachers' language and pupils' ideas in science lessons: can teachers avoid reinforcing wrong ideas?. *International Journal of Science Education*, 11, 465-479.
- WEISSMANN, H. (org.) (1998). *Didáctica das Ciências Naturais. Contribuições e Reflexões*. Porto Alegre: Artmed.
- WELLINGTON, J. (ed.) (1998). *Practical work in School Science. Which way now?* London, New York: Routledge.
- WYNN, C. M. e WIGGINS, A. W. (1997). *The Five Biggest Ideas in Science*. New York: John Wiley & Sons.
- YAGER, R. E. (ed.) (1992). *The Status of Science - Technology - Society. Reform Efforts around World*. Arlington: ICASE Yearbook.
- YUS, R. e REBOLLO, M. (1993). Aproximación a los problemas de aprendizaje de la estructura y formación del suelo en el alumnado de 12 a 17 años. *Enseñanza de las Ciencias*, 11 (3), 265-280.