

Formação inicial de Professores de Física e Química sobre a Tecnologia e suas relações Sócio-Científicas

Isabel P. Martins

Departamento de Didáctica e Tecnologia Educativa. Universidade de Aveiro. 3810-193 Aveiro. Portugal. E-mail: imartins@dte.ua.pt

Resumo: Toma-se como ponto de partida a importância da tecnologia no estilo de vida e cultura das sociedades actuais, contribuindo para o seu desenvolvimento, e salientam-se alguns dos desequilíbrios existentes a nível planetário. Defende-se a importância da educação tecnológica, como via de acesso a uma cultura tecnológica, em contexto escolar, de modo a permitir a todos uma literacia científica. Analisa-se o caso português actual sobre a educação tecnológica na escolaridade obrigatória (9 anos). Discute-se a importância da formação de professores para uma adequada integração da dimensão tecnologia no movimento CTS para o ensino das ciências, e apresenta-se o modo como essa dimensão foi introduzida na formação inicial de professores de Física e Química, numa Universidade portuguesa, na disciplina de Didáctica das Ciências. Descreve-se o modelo de trabalho seguido e o impacto dos projectos desenvolvidos, quer nos alunos, quer nas escolas básicas e secundárias onde os jovens professores foram integrados.

Palavras-chave: Tecnologia. Relações Ciência-Tecnologia-Sociedade. Educação em Ciências. Educação tecnológica. Formação inicial de professores.

Introdução

Tecnologia, Inovação e Desenvolvimento são três pilares que interligados caracterizam a época actual e a distinguem das épocas passadas. Qualquer dos termos tem assumido ao longo da história da humanidade significados distintos, porventura baseados em outros antecedentes, representando um esforço de teorização dos seus proponentes, alicerçados muitas vezes em quadros filosóficos, epistemológicos, axiológicos e, inevitavelmente, em referentes sociais diferenciados.

Todos os indivíduos (excluindo os que vivem em estado de pobreza extrema e/ou afastados de sociedades organizadas), conhecem e utilizam artefactos tecnológicos independentemente do conhecimento que possuem sobre o seu funcionamento ou processo de produção. Com efeito, os sistemas industriais de produção em série têm tornado acessíveis a mais pessoas, em melhores condições e a custos mais baixos, um número crescente de bens (materiais, objectos e serviços), potenciadores de melhor qualidade de vida, embora geradores de novos problemas (por exemplo, doenças profissionais).

A importância da tecnologia como instrumento de desenvolvimento humano e de redução da pobreza tem sido, através da história, um dado

inquestionável (PNUD, 2001), pese embora os receios de que o desenvolvimento de novas tecnologias e, sobretudo o uso social que delas é possível fazer, têm colocado à humanidade. Disto são exemplos o desastre industrial no Bhopal (Índia), o acidente nuclear em Chernobyl (Ucrânia), os defeitos genéticos provocados pela talidomida, a destruição da camada de ozono pelos clorofluorcarbonetos, todos eles com efeitos catastróficos não premeditados. O mesmo se não poderá dizer das novas tecnologias de guerra concebidas para se tornarem ameaças à escala planetária, na forma de armas nucleares, químicas e biológicas. A deflagração da Bomba de Urânio em Hiroshima, Agosto de 1945, causando a morte directa a cem mil pessoas veio mostrar que o perigo é real e o potencial de conhecimento científico e tecnológico construído e armazenado ao longo da segunda metade do século XX faz tremer de receio políticos, cientistas, organizações governamentais e não governamentais e organismos internacionais de forma a manter "sob controlo" aquilo que o terrorismo internacional tem transformado numa ameaça real. Gerir os riscos tornou-se uma das preocupações centrais das sociedades industrializadas.

No entanto e apesar da imagem catastrófica que muitos associam ao desenvolvimento tecnológico é cada vez mais difícil rebater a ideia que o acesso às inovações tecnológicas –medicamentos e vacinas, transportes, meios de comunicação como telefone e Internet– contribui para a qualidade de vida das pessoas e está dependente do desenvolvimento económico, podendo, reciprocamente, tornar-se um factor de crescimento das sociedades, nomeadamente das mais retraídas.

Introduzir em todos os domicílios o abastecimento de energia eléctrica, saneamento básico, e meios de comunicação é hoje um objectivo prioritário de todos os países em desenvolvimento e mesmo desenvolvidos, pois convém lembrar que embora de forma pontual, essas carências ainda existem em alguns deles. Em todo o mundo alastra a esperança que as novas tecnologias conduzam a uma vida mais longa e mais saudável, incrementem maiores liberdades sociais e proporcionem meios de vida mais produtivos.

O crescimento demográfico acentuado de forma imprevisível durante o séc. XX foi acompanhado pelo desenvolvimento humano e, apesar de tudo, pela diminuição da pobreza à escala mundial graças aos enormes avanços tecnológicos (veja-se a diminuição das taxas de mortalidade infantil, o aumento da esperança de vida, a produção crescente de alimentos) (PNUD, 2001). No entanto, os desequilíbrios na distribuição dos bens são enormes, estando ainda um terço da população mundial privada de bens essenciais como água, alimentação básica, energia eléctrica, medicamentos e redes de comunicação.

É hoje cada vez mais claro o modo como a tecnologia e a economia se encontram profundamente interdependentes e como o conceito de globalização está directamente relacionado com a possibilidade de comunicação instantânea entre (praticamente) todos os lugares do Planeta. Daí também que os avanços sustentados da tecnologia com repercussões na saúde, nos sistemas de alimentação e, necessariamente, no emprego,

tenham em geral um efeito multiplicador, construindo capacidade para a inovação futura e revertendo a favor do desenvolvimento humano.

Mas os bens que inegavelmente se acumulam nos países mais ricos e nestes nas populações mais privilegiadas têm de ser repensados em termos socialmente mais equitativos. Não é aceitável que os 29 países da OCDE, com 19% da população mundial detenham 79% dos utilizadores mundiais da Internet (PNUD, 2001, p. 3). Sendo praticamente nulo o poder reivindicativo dos países mais pobres torna-se imprescindível aumentar a consciência dos países ricos sobre os direitos de todos, objectivo em que a educação desempenha um papel crucial. Não é tolerável que os países ricos continuem a exploração da mão de obra barata dos países pobres para a produção de bens, muitos deles supérfluos, para consumo ainda mais acessível dos países mais ricos. Conseguir formas de tornar os principais produtos tecnológicos acessíveis a baixo custo nos países em desenvolvimento será um dos factores de maior importância para o desenvolvimento da humanidade, e uma medida indiscutível para promover a aproximação aos objectivos do desenvolvimento e erradicação da pobreza proclamados na Declaração do Milénio das Nações Unidas.

Conforme referimos, o século XX foi marcado como nenhum dos precedentes por avanços tecnológicos espantosos, em todos os domínios da actividade humana (Laneyrie-Dagen, 1997). Situando-nos no campo da saúde basta pensarmos no progresso conseguido desde a síntese do ácido acetil-salicílico, no final do século XIX, que veio tornar possível a comercialização da Aspirina (o medicamento mais vendido até hoje em todo o mundo), até aos antibióticos mais específicos, às vacinas para doenças não identificadas ainda há poucas décadas, às sofisticadas técnicas de intervenção cirúrgica e aos sistemas de reprodução medicamente assistida, para nos deslumbrarmos com os prodígios da medicina.

A exploração do espaço não tem ainda meio século e, no entanto, os avanços tecnológicos excederam tudo o que seria expectável. Do lançamento do primeiro satélite artificial (Sputnik) em 1957, pelos Soviéticos, seguido quatro anos depois pelo primeiro vôo tripulado (Yuri Gagarine), à descida do primeiro americano na Lua em 1969, à instalação da primeira estação orbital, MIR, em 1986 e do telescópio Hubble em 1993, os sucessos de todas estas missões, vieram mostrar como a capacidade tecnológica permite não só ir mais longe mas, sobretudo, compreender melhor quem somos e, de forma consequente e sustentada, consciencializarmo-nos sobre a escassez de recursos que temos ao nosso dispor.

A par deste percurso e desta conquista sobre o espaço, outro campo de pesquisa sobre o controlo da reprodução teve lugar. A pílula anticoncepcional, descoberta pelo americano Gregory Pincus em 1954, comercializada nos EUA em 1960 e a partir daí generalizada a muitos outros países, veio demonstrar ser um poderosíssimo instrumento de revolução sociológica. A possibilidade de cada casal e, em particular, de cada mulher poder controlar o número de filhos que deseja ter é acessível praticamente em todos os países (excluem-se os carenciados extremos e o regimes políticos e/ou religiosos limitadores de liberdades individuais). Também a

contribuição do progresso tecnológico para a diminuição da mortalidade entre 1960 e 1990 foi superior à de qualquer outro factor.

Porém, é no domínio das tecnologias de informação e comunicação que as transformações tecnológicas apresentam a face mais visível. Foi notória a influência no emprego e crescimento económico das sociedades, verificando-se simultaneamente a criação de redes de comunicação com alcance crescente e custos decrescentes. Por exemplo, nos últimos 30 anos, o custo da transmissão electrónica decresceu 1 250 000 vezes, e, de outro modo, em 2001 era possível enviar mais informação por um único cabo, em apenas um segundo, do que era possível transitar por toda a Internet, durante um mês, apenas quatro anos antes (PNUD, 2001, p. 30). Quebrar barreiras ao conhecimento, reduzindo a desigualdade digital é imprescindível para o desenvolvimento humano, pelo que o Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento se preocupou em definir o índice de realização tecnológica (IRT), cujo objectivo é quantificar a forma como cada país cria e difunde a tecnologia e constrói uma base de capacitação humana, reflectindo a sua capacidade de participação nas inovações tecnológicas da era das redes (PNUD, 2001, p. 46).

Técnicas, Tecnologia, Cultura Tecnológica e Educação Tecnológica

As sociedades actuais estão repletas de produtos técnicos e será muito difícil mesmo identificar algo cuja existência esteja totalmente liberta da influência da tecnologia. Mesmo os ditos ambientes naturais, por exemplo os parques naturais, são preservados à custa de dispositivos técnicos cada vez mais sofisticados e as plantas que neles crescem ou as águas que neles correm sofrem, inevitavelmente, a influência de alterações na qualidade do ar e das chuvas determinadas por actividades humanas. Aliás, os próprios caminhos que neles são abertos para uso dos visitantes de modo a preservar a restante parte envolvente representam uma perturbação nos ecossistemas anteriormente existentes, pelo que, legitimamente, não é aceitável dizer-se que são parte integrante do natural. O reconhecimento do excesso de intervenção humana nos ambientes naturais e a sua exploração com exaustão de muitos dos seus recursos para fabrico de novos materiais tem levado à valorização, por certos grupos sociais, dos materiais naturais em prejuízo dos sintéticos. Menos clara é a posição sobre os materiais artificiais muitas vezes confundidos com os sintéticos. Ora, faz parte da cultura científica reconhecer os materiais quanto à sua origem, em naturais e não naturais, mas importa também compreender que, em muitos casos, perante duas amostras iguais não é possível fazer tal reconhecimento. É o caso, por exemplo, do ácido ascórbico (vitamina C) que pode ser de origem natural (extraída de citrinos) ou de origem sintética e que em nada se distingue um do outro, pese embora a convicção bastante generalizada que o composto de origem natural é sempre supostamente melhor.

A reflexão sobre a Tecnologia é relativamente recente, embora muitos afirmem que a existência desta é tão longa quanto a do ser humano. Na verdade, o que desde sempre existiu foram objectos-artefactos e técnicas de fabrico e de uso.

Compreender fenómenos técnicos, evidenciados nos artefactos que impregnam a vida diária, tornou-se um imperativo das sociedades

modernas pelo que uma cultura científica inclui e deve pressupor uma cultura tecnológica para todos. Mas, como importa compreender a relação/articulação entre Ciência e Tecnologia o referente torna-se muitas vezes a cultura científico-tecnológica, o que para muitos autores mascara a posição que a tecnologia deveria ter na educação em ciências (Maiztegui *et al.*, 2002).

Desse modo, nesta secção propomo-nos clarificar os conceitos de técnica(s), cultura tecnológica e educação tecnológica, sendo o conceito de tecnologia abordado mais adiante.

O conceito de *técnica* está relacionado com a organização específica de meios e procedimentos particulares com uma função determinada. A capacidade de o fazer terá sido uma das competências características e específicas evidenciadas pelo ser humano, controlando o ambiente e prolongando a vida. Também foram as técnicas que criaram obras que perduraram até aos nossos dias (García-Palacios *et al.*, 2001), como é o caso da arte rupestre.

A *cultura tecnológica* designa o conjunto de saberes e de atitudes que permite a incorporação de elementos da tecnologia na cultura socialmente aceite de modo a torná-los relevantes para a vida (Batista, 1991). É este tipo de cultura tecnológica que os Museus de Ciência e Tecnologia pretendem tornar acessível ao público em geral.

Por *educação tecnológica* entende-se o sistema de ensino-aprendizagem da tecnologia do ponto de vista cultural, onde estão incluídos conhecimentos tecnológicos mas também os valores inerentes à própria tecnologia (Layton, 1988). É esta dimensão que lhe confere o estatuto de "educação" por oposição a uma mera "instrução tecnológica", pois permitirá a cada indivíduo desenvolver capacidades necessárias à compreensão crítica dos impactos sociais originados pela tecnologia. Trata-se pois de um sistema capaz de veicular os conceitos de cultura tecnológica, no âmbito dos direitos e deveres dos cidadãos.

A Tecnologia nos Currículos e Programas

Apesar da tecnologia e dos seus produtos serem aquilo que mais visivelmente prevalece da actividade humana, os currículos escolares têm-na remetido sempre para um lugar de subalternidade relativamente às outras dimensões da ciência, quer pelo estatuto da disciplina correspondente, quer pelos menores requisitos da formação de professores ou pelo seu posicionamento em currículos alternativos dirigidos a alunos, supostamente, com menores competências intelectuais e, por isso, normalmente orientados para áreas mais práticas. Tais posições estão em desacordo total com o lugar de parceria de direito entre a ciência e a tecnologia com reconstrução dos próprios conceitos, tal como tem sido defendido por diversos autores (por exemplo, Layton, 1988; Rutherford e Alhgren, 1990; Santos, 1999) o que só poderá acontecer se a educação em tecnologia for reconhecida e integrada a par da educação científica (Hurd, 1994, Acevedo, Vázquez, Manassero, Acevedo, 2003), dando sentido a um conceito de literacia científica que engloba ciência e tecnologia (Bybee, 1997).

As razões de natureza *extrínseca* ao sistema escolar, isto é, providas e dirigidas para a sociedade, que levam à defesa da incorporação da tecnologia nos currículos, têm a ver com o reconhecimento de que a preparação para a vida activa requer competências práticas; que importa passar do "conhecimento em si" para o "conhecimento em acção"; que as carreiras profissionais não são mais únicas para toda a vida; que a sociedade, em geral, tem expectativas diferentes sobre o que a Escola pode ajudar a alcançar; que as ciências e a tecnologia são um meio por excelência para promover a articulação entre a Escola e a vida quotidiana; que a educação científico-tecnológica deve estar associada a uma educação para os valores.

Relativamente às razões de natureza *intrínseca* ao sistema escolar destacam-se: conhecer aspectos de um assunto tecnológico e saber argumentar sobre modos de pôr em prática aspirações humanas ou de resolver problemas do quotidiano; valorizar a criatividade associada à realização de um dado projecto, à produção de artefactos tecnológicos, à escolha de um problema para estudo, à definição de vias para a sua resolução, à discussão das consequências e das limitações das soluções encontradas; aprender a usar o conhecimento da especialidade.

O Currículo Nacional do Ensino Básico Português (9 anos) contempla no documento explicitador das competências essenciais (ME-DEB, 2001) aquilo que deverá ser estruturante ao longo do desenvolvimento do currículo nacional, em cada um dos ciclos do ensino básico (1º - 4 anos; 2º - 2 anos; 3º - 3 anos), bem como o perfil de competências à saída. Trata-se de um documento extenso, essencial para a construção dos programas e dos recursos didácticos, pelo que importará analisar qual a filosofia e concepção de educação tecnológica que veicula.

No que respeita às *competências gerais* enunciadas e à operacionalização transversal por cada professor (pp. 15-26), pode dizer-se que a sua explicitação é clara quanto à necessidade de saberes tecnológicos a par dos culturais e científicos, para "compreender a realidade e para abordar situações e problemas do quotidiano" e, ainda, para se expressar adequadamente.

Quanto à operacionalização transversal apela-se ao uso de situações reais, problemas e questões do quotidiano, à identificação e articulação de saberes necessários para a compreensão das mesmas, ao recurso a actividades cooperativas de aprendizagem integradoras, nomeadamente a realização de projectos.

Relativamente às *competências específicas*, estas encontram-se organizadas por domínios do saber (Língua Portuguesa, Línguas Estrangeiras, Matemática, Estudo do Meio, História, Geografia, Ciências Físicas e Naturais, Educação Artística, Educação Visual, Música, Expressão Dramática/Teatro, Dança, Educação Tecnológica, Educação Física) e, dentro de cada um deles, por ciclos de estudo. Deste modo, é nas Ciências Físicas e Naturais (pp. 129-146) que se define o papel das ciências no currículo do Ensino Básico, se explicita o contributo das Ciências Físicas e Naturais para o desenvolvimento das competências gerais e de competências específicas para a literacia científica. O enquadramento assumido neste documento está de acordo com orientações defendidas por organizações/associações e

autores reconhecidos internacionalmente (por exemplo, NSTA, AAAS, Aikenhead, Fourez, Gräber, Hodson, Millar e Osborne).

Para o desenvolvimento das competências definidas são propostos quatro temas organizadores (Terra no espaço; Terra em transformação; Sustentabilidade na Terra; Viver melhor na Terra), a explorar numa perspectiva interdisciplinar CTSA de modo a permitir uma tomada de consciência da intervenção humana, no que respeita aos significados científico, tecnológico e social, importante para uma educação para a cidadania mais abrangente.

Mas é na área "Educação Tecnológica" (pp. 191-215) que se dá particular atenção ao desenvolvimento duma cultura tecnológica orientada para a promoção da cidadania enquanto utilizador tecnologicamente competente a nível individual, profissional e social, capaz de relevar as dimensões sociais, culturais, económicas, produtivas e ambientais do desenvolvimento tecnológico. Para isso, perspectiva-se o desenvolvimento de competências específicas, ao longo do ensino básico, segundo três eixos estruturantes: Tecnologia e sociedade (Tecnologia e desenvolvimento social, Tecnologia e consumo); Processo tecnológico (Objecto técnico, Planeamento e desenvolvimento de produtos e sistemas técnicos); Conceitos, princípios e operadores tecnológicos (Estruturas resistentes, Movimento e mecanismos, Acumulação e transformação de energia, Regulação e controlo, Materiais, Fabricação-construção, Sistemas tecnológicos). Também aqui são utilizados como referências estudos de autores reconhecidos (por exemplo, Layton, Deforge, International Technology Education Association).

Uma análise detalhada dos enunciados propostos para cada ciclo de ensino permite-nos concluir que o preconizado para a escolaridade básica em Portugal segue as orientações duma educação tecnológica com vista a uma cultura tecnológica. Porém, tal constatação não constitui por si mesma uma garantia de mudança, remetendo para a reflexão acerca das práticas de sala de aula e da utilização e disponibilidade de recursos didácticos, ou seja, para uma adequada formação inicial e continuada dos professores. (Note-se que estas orientações entraram em vigor apenas no ano 2001-2002).

A Tecnologia no movimento CTS para o ensino das Ciências

O movimento CTS, de incidência cada vez mais alargada em vários pontos do mundo, tem vindo a assumir-se como uma proposta credível para orientações curriculares, conceptualização de recursos didácticos e elaboração de estratégias de ensino, capazes de inverterem a tendência de desinteresse que os jovens têm vindo a apresentar relativamente ao ensino das ciências experimentais. Não é intenção deste texto desenvolver todos os pressupostos do movimento CTS e implicações para o ensino das ciências (assunto largamente desenvolvido por muitos autores), mas tão-só caracterizar o sentido atribuído à *tecnologia* (T) nessa inter-relação. No entanto, para o poder fazer importa salientar que se trata de uma concepção, realização e avaliação do ensino das ciências onde a Ciência e a Tecnologia são entendidas como partes integrantes da cultura, pelo que o conhecimento científico-tecnológico tem um valor sócio-cultural intrínseco capaz de proporcionar, a quem dele for detentor, saberes e competências

valiosas para o exercício pleno da cidadania. Assim, o ensino das ciências deve organizar-se numa base humanista, fomentando o desenvolvimento de valores sobre a própria Ciência e Tecnologia (contrariando estereótipos comumente aceites), deve debruçar-se sobre temáticas reconhecidas como pertinentes pela sociedade iniciando-se em problemas reais, e deve estimular os jovens a pensar sobre Ciência e Tecnologia do ponto de vista filosófico, ético e cultural. Por outras palavras, ser-se literado na época actual implica ter-se conhecimento, ainda que rudimentar, do que é englobado na sigla CTS. Citando dois autores muito importantes na área, Robert Yager afirma que "CTS significa usar a tecnologia como conector entre a ciência e a sociedade" e Leonard Waks, de forma mais abrangente, diz que "o movimento CTS é uma inovação educacional com a intenção de promover uma cidadania responsável na nossa era dominada pela tecnologia" (em Santos, 2001, p. 34). É, portanto, neste enquadramento CTS que importa clarificar o sentido atribuído à Tecnologia.

O conceito de *tecnologia* está profundamente ligado à produção, sobretudo industrial. Trata-se pois, no sentido mais comum, da ciência da(s) técnica(s), sendo os artefactos tecnológicos a sua imagem convencional, o que confere à tecnologia a utilidade veiculada pelo valor material dos seus produtos. A tecnologia distingue-se, então, da técnica pelos conhecimentos científicos que utiliza. No processo de produção artesanal de alimentos (queijo, vinho, cerveja) utilizavam-se meras técnicas as quais deram lugar a tecnologias quando nos correspondentes processos industriais se incorporaram princípios desenvolvidos pela ciência (por exemplo, processos de fermentação microbiológica).

A relação entre Ciência e Tecnologia tem sido considerada, ao longo dos tempos, de formas diferenciadas (Niiniluoto, citado em García-Palacios *et al.*, 2001), ora relegando a supremacia duma sobre a outra, ora considerando-as equivalentes ou distintas. Assim, são cinco as concepções principais possíveis de terem, qualquer uma delas, ainda hoje, defensores: "A ciência é redutível à tecnologia"; "A tecnologia é redutível à ciência"; "Ciência e tecnologia são a mesma coisa"; "Ciência e tecnologia são domínios independentes" e "Existe uma interacção entre ciência e tecnologia".

As duas primeiras concepções são, porventura, aquelas que representam os estereótipos mais comuns. Em particular a segunda atribui à tecnologia o valor de uma ciência aplicada, cujos princípios e conceitos derivam e dependem dos princípios, leis e conceitos científicos, remetendo, inevitavelmente, o desenvolvimento tecnológico para uma relação de subalternidade da investigação científica. Esta ideia não é, no entanto, apenas remota. Ela está patente de forma implícita em algumas correntes da filosofia das ciências, em designações ainda frequentes como "ciência pura" e em muitas estratégias didácticas e livros de texto que após a abordagem de determinados tópicos/conceitos/teorias apresentam os chamados "exemplos de aplicação". Daí que continue a perdurar a imagem de ciência neutra, estando o conhecimento científico isento de juízos valorativos remetendo-se as questões éticas apenas para as suas aplicações. É nesta linha que aparecem os críticos da "sociedade tecnológica" que a consideram "desumanizada".

Apesar desta posição estar amplamente rebatida na literatura, na prática trata-se de uma ideia muito difícil de desfazer possivelmente devido a uma incipiente formação dos professores em filosofia das ciências.

Relativamente à concepção de que a ciência é redutível à tecnologia prevalece a ideia de que a finalidade última do conhecimento científico é traduzir-se em conhecimento prático o qual será a principal via de avanço da humanidade.

No fundo, a concepção que se defende é a de que o processo criativo do desenvolvimento da ciência depende do processo criativo do desenvolvimento tecnológico, sendo este gerado pelo próprio desenvolvimento científico.

Ciência e Tecnologia são hoje domínios distintos, com profundas inter-relações, influenciando-se mutuamente na forma como consolidam os saberes que lhes são próprios. Do ponto de vista epistemológico e ontológico não é legítimo admitir-se a dominância de um sobre o outro. Resta pois que a ciência escolar saiba como tornar compreensível a inter-relação Ciência-Tecnologia, conceito de interface distinto do de ciência e do de tecnologia.

Decorrentes do avanço do conhecimento científico ocorrido no século XX, novas disciplinas surgiram no seio das Ciências Sociais (Caraça, 2002b). A "Política Científica e Tecnológica" foi uma delas e teve origem na ideia de que a investigação científica deveria ser orientada, e portanto organizada, para a produção (científica) de tecnologia. O sucesso alcançado foi de tal ordem que o quadro conceptual que lhe subjaz se tornou a matriz de novas políticas de inovação e de políticas de conhecimento difundidas nas sociedades desenvolvidas (Caraça, 2002b). A ligação da ciência com a tecnologia, decorrente da função essencial da ciência moderna em tal perspectiva, a de produzir tecnologia, consolidada nas últimas décadas do século XX, gerou um novo conceito, o de "Ciência e Tecnologia", à semelhança do que aconteceu com o conceito de "Investigação e Desenvolvimento" relativo ao processo criativo científico com expressão em diversos domínios de actividade (Caraça, 2002b).

Formação de professores

Dados os distintos enfoques que é possível imprimir à orientação CTS do ensino das ciências, poder-se-ia admitir que tal constitui uma vantagem no que respeita à formação de professores. Ora, um dos requisitos da educação CTS é ser capaz de partir de problemas locais e dar resposta a interesses reais dos alunos, num cenário geral de compreensão do mundo/comunidade em que estes vivem. Esta situação, intrínseca ao quadro referencial CTS é uma dificuldade acrescida para a formação de professores pois terá de preparar estes para a resolução de situações que não são antecipadamente conhecidas. Segundo Pedretti e Hodson (1995), os professores terão de ser suficientemente flexíveis para adaptarem os seus quadros de pensamento e acção sempre que as condições assim o exigirem.

Transpondo este quadro para a formação inicial de professores o problema é duplamente complexo. Em primeiro lugar, os modelos e práticas

de formação de professores são variados e não é possível caracterizar com precisão quais os factores determinantes de uma boa formação, nem existe sequer consenso sobre o que é um bom professor (de ciências, no caso presente). Em segundo lugar, o crescimento científico-tecnológico das sociedades actuais é tão acentuado que não é possível a nenhum professor, e porventura mesmo a nenhum cientista, acompanhar ainda que a nível geral, o que acontece em todos os domínios. Assim, poderá dizer-se que a formação alcançada estará sempre e inevitavelmente aquém daquilo que, no próprio momento, seria considerado já desejável.

O problema da formação inicial de professores num quadro CTS de ensino das ciências será, para quem assim se posicionar, insolúvel e poderá tornar-se no dilema da formação de professores. A consciência que temos sobre a dimensão e delicadeza da situação leva-nos a considerar que a solução do problema não é fácil porque, e em primeiro lugar, coloca-se a questão de como e quem define o modelo de formação e quem o protagoniza, isto é, quem são os formadores de professores, quais os seus quadros de referência, já que um plano de formação de outrém deverá ser dar-lhe oportunidade e condições para que cresça até ao seu limite (ou ampliando aquilo que ele próprio julga ser o seu limite). Proporcionar condições a um futuro professor para esse crescimento pessoal num referencial de ensino das ciências para a literacia científica e tecnológica é algo que embora indispensável não poderá nunca afirmar-se e provar-se que, efectivamente, foi a causa indutora das competências.

Conscientes das limitações de qualquer tentativa de solução para o problema pretende-se, nesta secção, apresentar e discutir o modo como se procurou introduzir na disciplina de Didáctica das Ciências para futuros professores de Física e Química, a formação para a *educação tecnológica*.

A Licenciatura em Ensino de Física e Química tem um plano de estudos de cinco anos, sendo o último ocupado com um Estágio numa Escola Básica e/ou Secundária protocolada com a Universidade de Aveiro. A disciplina de Didáctica das Ciências (DC) decorria (a revisão curricular ocorrida recentemente na Universidade levou à extinção da disciplina no Plano de Estudos) no 6º semestre, e antecedia as disciplinas de Didáctica Específica da Física e da Química, respectivamente, no 7º e no 8º semestres. O projecto foi desenvolvido durante cinco anos, tendo-se introduzido, em cada ano, ajustamentos resultantes da avaliação feita sobre o trabalho do ano anterior.

São dois os princípios em que assentou a sua concepção e desenvolvimento.

1. O princípio da *educação tecnológica em contexto CTS* (Acevedo, 1996). A disciplina de DC assume explicitamente os valores da educação CTS como forma de orientar o ensino das ciências na escolaridade obrigatória para a literacia científica e tecnológica dos jovens. Coerentemente com esta posição considera-se que devem os futuros professores protagonizar experiências de formação com a mesma orientação.

As experiências de formação deverão contemplar conhecimentos tecnológicos e suas relações com a ciência, desenvolver valores próprios da

tecnologia para apreciar melhor o seu contributo para a sociedade, bem como os aspectos éticos para o seu uso socialmente mais responsável, aprofundar as capacidades necessárias para uma compreensão mais alargada dos impactos sociais originados pela tecnologia de modo a fomentar uma consciência crítica indutora de uma participação pública efectiva própria das sociedades democráticas.

No entanto, a capacidade crítica não significa, necessariamente, à semelhança do defendido por outros autores (por exemplo, Fleming, 1989), posições antitecnológicas, mas tão-só saber informar-se e reflectir sobre questões sócio-tecnológicas pertinentes.

2. O princípio da *educação tecnológica de futuros professores segundo a orientação que se preconiza para a escolaridade básica*. Isto não significa que se pretenda infantilizar o processo mas antes fazer compreender melhor o significado de cada procedimento metodológico. Assim, adoptou-se uma perspectiva construtivista da aprendizagem (as concepções prévias, os interesses e as atitudes foram determinantes); escolheram-se questões sócio-tecnológicas próximas dos interesses dos futuros professores; utilizaram-se as questões sócio-tecnológicas como contextos para o tratamento de conceitos/tópicos científicos (abordagem da ciência em contexto social e tecnológico) e como ambientes para discussão de dimensões éticas, económicas, sociológicas, políticas e filosóficas; desenvolveu-se capacidade argumentativa sobre posições apresentadas perante um dado problema; favoreceu-se a abertura a outros ambientes não escolares.

O projecto de formação

O projecto de formação foi desenvolvido em trabalho de grupo (3 ou 4 elementos) e desenrolou-se ao longo de seis semanas na parte final da componente prática da disciplina, com uma sessão semanal de 2 horas para discussão com a docente. O modelo de trabalho seguido foi o de Trabalho de Projecto centrado no grande tema ÁGUA escolhido pela importância desta para a vida, tal como a conhecemos, no Planeta Terra. As perspectivas quanto ao futuro sobre o uso da água assumiram nos últimos anos uma situação próxima da catástrofe, pois só no século XX a população mundial triplicou e a procura de água potável sextuplicou. Os riscos da penúria de água no Planeta são eminentes e as consequências para a humanidade desastrosas, caso não se progrida com a actividade do Comité Internacional do Contrato Mundial da Água (presidido pelo ex-Presidente da República português Mário Soares), que luta para que se considere a água como um direito e um bem comum patrimonial (Caraça, 2002a). Problemas desta relevância exigem saberes e atitudes que o sistema educativo deve ajudar todos os cidadãos a alcançar e são, pela sua natureza, temáticas exemplares para o desenvolvimento de projectos CTS. Fazê-lo com futuros professores parece-nos de importância fundamental do ponto de vista pessoal e profissional.

Foram quatro as etapas seguidas.

1. Selecção de um tópico sócio-tecnológico relativo à utilização/consumo de água importante na sociedade actual e susceptível de poder ser tratado

no 3ºCiclo do ensino Básico, na disciplina de Física e Química, como temática em si mesma ou como contexto para exploração de conceitos dos programas (8º e/ou 9º anos).

E escolha, à responsabilidade de cada grupo, deveria no entanto ter em conta o princípio da não repetição de qualquer dos tópicos dentro da turma, nem de qualquer dos desenvolvidos em anos anteriores. Para conhecimento dos tópicos anteriores foi feita a apresentação dos projectos pela docente.

2. O trabalho a desenvolver constava de um protótipo/maqueta a construir pelo grupo (poderia incorporar peças a adquirir e/ou a mandar fabricar segundo proposta fornecida pelo grupo), o qual deveria funcionar para o fim concebido. A finalidade do protótipo/maqueta e a justificação da sua constituição deveria ser apresentada na forma de um relatório e demonstrado o seu funcionamento, bem como o enquadramento didáctico na perspectiva de futuro professor, em sessão própria, perante todos os alunos da disciplina. A opção pelo Trabalho de Projecto centrado na construção de um protótipo/maqueta afigurou-se particularmente pertinente para a formação dos futuros professores do ponto de vista epistemológico (a concepção de um modelo físico é uma via para o aprofundamento da necessidade da compreensão da sua natureza disciplinar e interdisciplinar), do ponto de vista sócio-cultural (a escola deve proporcionar compreensão sobre artefactos que caracterizam as diferentes épocas) e ainda do ponto de vista psicológico individual (compreender para conceber algo aumenta a auto confiança na resolução de problemas práticos, competência de grande valia para qualquer professor).

Ao longo dos cinco anos foram desenvolvidos cerca de trinta projectos distintos, tendo por base temas de *uso social* (por exemplo, Estação de Tratamento de Águas Residuais – tratamento primário e secundário, Barragem hidro-eléctrica, Estação de Tratamento de Águas, Radiador de automóvel, Torneiras e distribuição de água, Salinas e obtenção de sal), de *uso doméstico* (por exemplo, Esquentador de água a gás, Máquina de café expresso, Sistema automático de rega, Autoclismo, Banheira de hidromassagem, Sauna, Termoacumulador para aquecimento de água eléctrico), de *recreio e lazer* (por exemplo, Piano de água), de *história da ciência e da técnica* (por exemplo, Parafuso de Arquimedes).

3. O desenvolvimento do Projecto, após a escolha do tópico, foi a etapa mais exigente. Os alunos fizeram pesquisa de "objectos tecnológicos" de utilização de água possíveis de construir, entrevistaram técnicos de serviços públicos e privados, visitaram instalações industriais, consultaram professores de outras áreas, ultrapassando largamente aquilo que na maioria dos casos a instituição formadora e os professores têm estipulado. Aqui foram os alunos que escolheram o tema, definiram o objecto a alcançar e buscaram os meios para o fazer. À docente responsável coube o papel de acompanhar todos os passos, sugerir alternativas quando o caminho se afigurava confuso ou pouco útil, propor bibliografia de apoio, sugerir interlocutores favoráveis e disponibilizar meios técnicos e financeiros para a execução do produto final.

O trabalho realizado foi, na maioria dos casos, muito extenso, desenrolou-se em tempo extra-lectivo e exigiu grande dedicação dos alunos

e coordenação entre os elementos do grupo. A utilização do laboratório e seus recursos também foi disponibilizada.

4. A apresentação final do trabalho decorreu em sessão previamente marcada para o efeito e excedeu aquilo que é típico do sistema de avaliação das disciplinas de graduação. Para além de todos os alunos que frequentavam a disciplina nesse ano, entre 30 e 40, foram convidados outros professores a assistir (das áreas de Física e de Química) e ainda orientadores de Estágio (professores do Ensino Secundário). Pretendeu-se deste modo dar visibilidade aos Projectos e aumentar a auto-estima dos alunos, aspecto muito importante para um futuro-professor.

Todos os alunos foram envolvidos num processo de auto e hetero avaliação dos Projectos dos colegas da turma com a intenção de desenvolverem o espírito crítico. Essa avaliação foi ponderada também na classificação final.

Conclusões e implicações para a educação em ciências

Do nosso ponto de vista, o trabalho de Projecto CTS desenvolvido na disciplina de Didáctica das Ciências revelou-se extremamente proveitoso em termos formativos por três razões principais.

Em primeiro lugar, tratou-se de um projecto de educação tecnológica já que um dos objectivos era a construção de um protótipo/maqueta aqui considerado/a como artefacto tecnológico. Esta terá sido porventura a única oportunidade para a maioria dos alunos o fazerem em ambiente escolar. Tal projecto funcionou ainda como um contexto real para o aprofundamento de conceitos científicos específicos e discussão das implicações sociais implícitas. Procurou-se, deste modo, introduzir a dimensão da tecnologia na formação inicial de professores e fazer o seu enquadramento didáctico.

Em segundo lugar, e para todos os alunos, foi a primeira vez que numa disciplina lhes foi dada a possibilidade de definirem o objecto de estudo o que pode contribuir para o aumento do seu interesse, de planificarem a sua construção, de o produzirem (para o que fizeram pesquisa de materiais e pequenos componentes no mercado, contactaram técnicos e artesãos, visitaram instalações industriais) e de provarem o seu funcionamento. Tratou-se pois de uma modalidade de construção de conhecimento através da resolução de problemas.

O processo seguido foi muito enriquecedor ao nível do desenvolvimento de capacidades/hábitos de reflexão, de leitura, de pesquisa e de sistematização da informação; ao nível do desenvolvimento de competências comunicativas e metacomunicativas, de pensamento crítico; ao nível do desenvolvimento da compreensão das interrelações ciência-tecnologia-sociedade do ponto de vista económico, cultural, artístico e humanístico.

Através destes projectos os futuros professores puderam também exercitar competências importantes para outros domínios: definir uma questão de partida (o que é que queremos saber?), justificar a sua pertinência social, cultural, económica (será isso relevante socialmente?), encontrar forma de alcançar uma resposta (como construir um artefacto tecnológico que sirva para evidenciar uma resposta, e será viável tal

construção?), otimizar o produto final (de que forma poderemos melhorar as características materiais e os aspectos estéticos e, simultaneamente, reduzir os custos económicos?).

O que aqui aconteceu foi um verdadeiro processo educativo, por oposição a um mero processo de instrução, tal como se depreende das palavras dos próprios alunos:

"Com o desenvolvimento deste Projecto aprendemos bastante. Tornámo-nos pessoas mais capazes, mais aptas à resolução de problemas, desenvolvemos a nossa capacidade de improvisação e investigação, características que consideramos muito importantes para o exercício da nossa futura profissão." (in Relatório Final, 2000).

"Através deste Projecto tivemos oportunidade de interrelacionar disciplinas, de aplicar e ampliar conhecimentos, de travar relacionamentos não apenas com os colegas mas também com todos aqueles que conosco colaboraram, nomeadamente, professores e técnicos." (in Relatório Final, 2001).

Em terceiro lugar, as repercussões alcançadas excederam o objectivo da formação directa dos futuros professores. Estes alunos quando na situação de Estágio (5º ano), e posteriormente, vêm frequentemente à Universidade requisitar as maquetas, as feitas por si ou pelos colegas, para uso nas suas aulas com alunos dos Ensinos Básico e/ou Secundário, para celebrações especiais como o Dia da Escola ou a Semana Nacional da Ciência e da Tecnologia. Nessas ocasiões estes artefactos, em funcionamento, transformam-se em verdadeiros instrumentos de cultura científica e tecnológica de alunos, de professores e funcionários da Escola e, nalguns casos, de familiares e amigos que a visitam. Também na Universidade em Encontros Científicos dirigidos a professores têm sido organizadas exposições e muitos têm sido aqueles que se admiram com os pormenores técnicos, a eficiência do funcionamento, a pertinência face aos objectivos da educação em ciências nos Ensinos Básico e Secundário.

Finalmente, pretende-se destacar que não basta falar em relações CTS na educação em ciências. É necessário dar visibilidade à educação tecnológica conduzindo propostas de trabalho deste tipo com os alunos, e também com os futuros professores, de modo a que construam uma imagem mais correcta da actividade científica e, em particular, uma visão da articulação que existe entre as dimensões ciência e tecnologia (Valdés *et al.*, 2002), o que indiscutivelmente faz parte da educação científica de base. Orientações deste tipo foram também expressas na Conferência Mundial sobre a Ciência, realizada em Budapeste (UNESCO-ICSU, 1999), na Declaração aprovada na qual se proclama que o ensino crítico das ciências e da tecnologia deverá ser um imperativo estratégico de todos os países que tenham como meta garantir o progresso e bem estar das suas populações.

Referência bibliográficas

Acevedo, J.A. (1996). La Tecnología en las relaciones CTS. Una aproximación al tema. *Enseñanza de las Ciencias*, 14(1), 35-44.

Acevedo, J.A., Vázquez, A., Manassero, M.A. y Acevedo, P. (2003). Creencias sobre la tecnología y sus relaciones con la ciencia. *Revista*

Electrónica de Enseñanza de las Ciencias, 2, 3, Artículo 9. En <http://www.saum.uvigo.es/reec>.

Batista, J. (1991). Educação Científica e Educação Tecnológica (Autonomia e interdisciplinaridade). *Gazeta de Física*, 14(3), 110-115.

Bybee, R.W. (1997). *Achieving Scientific Literacy – From purposes to practices*. Portsmouth, NH: Heinemann.

Caraça, J. (2002a). *Entre a Ciência e a Consciência*. Porto: Campo das Letras.

Caraça, J. (2002b). As doze passas e a inovação. *Jornal de Letras Artes e Ideias*, Ano XXII/nº 841, p. 35 (edição de 25-12-2002).

Fleming, R.W. (1989). Literacy for a technological age. *Science Education*, 73(4), 391-404.

García-Palacios, E.M., González-Galbarte, J.C., López-Cerezp, J.A., Luján, J.L., Martín-Gordillo, M., Osorio, C. y Valdés, C. (2001). *Ciencia, Tecnología y Sociedad: una aproximación conceptual*. Madrid: Organización de Estados Iberoamericanos.

Hurd, P. (1994). New minds for a new age: Prologue to modernizing the science curriculum. *Science Education*, 78 (1), 193-216.

Laneyrie-Dagen, N. (Dir.) (1997). *Memória do Mundo – das origens ao ano 2000* (Tradução, 2000). Lisboa: Círculo de Leitores.

Layton, D. (1988). Revaluating the T in STS. *International Journal of Science Education*, 10(4), 367-378.

Maiztegui, A., Acevedo, J.A., Caamaño, A., Cachapuz, A., Cañal, P., Carvalho, A.M.P., del Carmen, L., Dumas Carré, A., Garritz, A., Gil, D., González, E., Gras-Martí, A., Guisasola, J., López-Cerezo J.A., Macedo, B., Martínez-Torregrosa, J., Moreno, A., Praia, J., Rueda, C., Tricárico, H., Valdés, P. y Vilches, A. (2002). Papel de la tecnología en la educación científica: una dimensión olvidada. *Revista Iberoamericana de Educación*, 28, 129-155. En <http://www.campus-oei.org/revista/rie28a05.PDF>

ME-DEB (2001). *Currículo Nacional do Ensino Básico – Competências Essenciais*. Lisboa: Ministério da Educação – Departamento do Ensino Básico.

Pedretti, E., Hodson, D. (1995). From Rhetoric to Action: Implementing STS Education through Action Research. *Journal of Research in Science Teaching*, 32(5), 463-485.

PNUD (2001). *Relatório do Desenvolvimento Humano 2001. Novas Tecnologias e Desenvolvimento Humano*. Lisboa: Trinova Editora.

Rutherford, F.J., Ahlgren, A. (1990). *Ciência para Todos* (Tradução, 1995). Lisboa: Gradiva.

Santos, M.E. (1999). *Desafios Pedagógicos para o Século XXI*. Lisboa: Livros Horizonte.

Santos, M.E. (2001). *A Cidadania na "Voz" dos Manuais Escolares*. Lisboa: Livros Horizonte.

UNESCO-ICSU (1999). *Declaração sobre a Ciência e o uso do saber científico*. Paris: UNESCO.

Valdés, P., Valdés, R., Guisasola, J. y Santos, T. (2002). Implicaciones de las relaciones ciencia-tecnología en la educación científica. *Revista Iberoamericana de Educación*, 28, 101-128. En <http://www.campus-oei.org/revista/rie28a04.htm>

Vários (2000). *Relatório Final – Projectos/Didáctica das Ciências*. (Documento interno, não publicado). Universidade de Aveiro, Departamento DTE.

Vários (2001). *Relatório Final – Projectos/Didáctica das Ciências*. (Documento interno, não publicado). Universidade de Aveiro, Departamento DTE.