



O tópico 'Impacte do Desenvolvimento Científico e Tecnológico na Vida Humana' em manuais escolares de Ciências Naturais do 8º ano. Que traços de orientação CTS?

The topic of Scientific and Technological Development Impact in Human Life in 8th grade Natural Sciences textbooks. What traits of the STS approach?

José Luís Coelho da Silva

Universidade do Minho
Centro de Investigação em Educação
zeluis@ie.uminho.pt

Resumo:

Impacte do Desenvolvimento Científico e Tecnológico na Vida Humana é um tópico que, na maioria dos manuais escolares portugueses de Ciências Naturais do 8º ano, integra propostas de atividades de aprendizagem. É neste elemento didático que se focaliza o presente estudo, pela possibilidade de criar condições para o aluno desenvolver conhecimentos, capacidades e atitudes que lhe permitem tornar-se um cidadão interventivo na sociedade. Neste sentido e dada a natureza do tópico programático propicia a abordagens CTS, importa compreender o papel educativo das atividades de aprendizagem na sua exploração por referência à perspetiva CTS. A consecução deste objetivo implicou a mobilização de procedimentos qualitativos e quantitativos orientados para: 1) levantamento das tarefas propostas nas atividades de aprendizagem, com o intuito de caracterizar os papéis passíveis de serem assumidos pelos alunos; 2) levantamento das temáticas exploradas, com o intuito de identificar o enfoque científico e o âmbito local, regional ou global que as caracterizam e 3) levantamento do enfoque CTS na exploração das temáticas. As atividades de aprendizagem exibem traços de orientação CTS com diferentes graus de incidência: o carácter socio-científico e o âmbito global são características das temáticas abordadas; o impacte da Tecnologia na Sociedade é o principal enfoque de exploração das temáticas e a promoção da capacidade de intervenção social está limitada a um número reduzido de tarefas. A análise efetuada aponta a importância de promover ambientes de aprendizagem orientados para o desenvolvimento de capacidades de tomada de decisão, de participação e da assunção de ações responsáveis.

Palavras-chave: CTS; Ciências Naturais; Manuais escolares; Atividades de aprendizagem.

Abstract:

The Scientific and Technological Impact in Human Life is a topic in which, the majority of Portuguese 8th grade Natural Science school textbooks contains proposed learning activities. This didactical element is the focus of the present study because it creates the opportunity for students to develop their knowledge, competencies and attitudes, enabling them to become an active citizen in society. In this regard, and since the nature of this topic encourages STS approaches, it is important to understand the educational role of the learning activities, using the STS perspective as a reference. Achieving this goal required the mobilization of qualitative and quantitative procedures oriented towards: 1) listing and analysing the tasks in the proposed learning activities, to characterize the potential roles undertaken by the students; 2) identifying explored themes in order to determine the scientific approach and the local, regional or global range that characterize them, and 3) identifying the STS emphasis in the exploration of those themes. The learning activities exhibit features



of STS orientation with different degrees of incidence: socio-scientific nature and global range are characteristic of the addressed themes; the impact of technology on society is the main focus on the exploration of the themes; and, the promotion of social intervention ability is limited to a small number of tasks. The analysis shows the importance of promoting learning environments oriented towards developing decision-making skills, participation and the assumption of responsible actions.

Keywords: STS; Natural Science; Textbooks; Learning activities.

Resumen:

El impacto del Desarrollo Científico y Tecnológico en la Vida Humana es un tema que, en la mayoría de los libros de texto portugueses de Ciencias Naturales de 2º ESO, incluye propuestas de actividades de aprendizaje. Es en este elemento didáctico en el que se centra el presente estudio, por crear condiciones para que el estudiante pueda desarrollar conocimientos, habilidades y actitudes que le permitan convertirse en un ciudadano intervencionista en la sociedad. Dada la naturaleza de este tema, en el que parece propicio un abordaje CTS, es necesario comprender el papel educativo de las actividades de aprendizaje cuando se exploran teniendo como referencia una perspectiva CTS. La consecución de este objetivo implicó la movilización de procesos cualitativos y cuantitativos orientados para: 1) Listar y realizar un estudio de las actividades de aprendizaje con el propósito de caracterizar los posibles papeles que los estudiantes pueden desenvolver; 2) Listar los temas explorados para poder identificar el abordaje científico y el alcance local, regional o global que los caracteriza y 3) Estudio del enfoque CTS en la exploración de los temas. Las actividades de aprendizaje exhiben rasgos de orientación CTS con diferentes grados de incidencia: el carácter socio-científico y el alcance global son características de los temas abordados; el impacto de la Tecnología en la Sociedad es el principal foco en la exploración de los temas y la promoción de la capacidad de intervención social está presente en muy pocas actividades. El análisis efectuado demuestra la importancia de la promoción de entornos de aprendizaje orientados al desarrollo de competencias relacionadas con la toma de decisiones, la participación y la implicación en acciones responsables.

Palabras-clave: CTS; Ciencias Naturales; Libros de texto; Actividades de aprendizaje.

Introdução

“As pessoas podem ser identificadas pelo padrão de atividade cerebral”, “É oficial: cientistas modificaram o ADN de embriões humanos”, “HPV. Estudos estão a concluir que as vacinas também são eficazes com menos doses”, “Ao fim de mais de 50 anos, o pentaquark foi detetado” são títulos da imprensa escrita portuguesa, difundidos pelo jornal *Público* em 2015, que ilustram uma presença da Tecnociência num quotidiano do cidadão. Um contexto desta natureza, caracterizado pela complexidade que decorre das múltiplas interações da Tecnociência com fatores de ordem social, ética, política, económica, sustenta uma abordagem da educação em Ciências que contemple as inter-relações Ciência-Tecnologia-Sociedade (CTS¹). É neste sentido que tem vindo a ser afirmada a importância e necessidade de integração nos currículos de Ciências de temas de cariz socio-científico e imbuídos em abordagens pedagógicas de orientação CTS. É uma preocupação que,

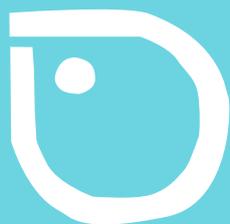
¹ É adotada a designação CTS e não CTS-A porque se perfilha a visão que assume a dimensão Ambiente (A) como parte integrante da dimensão Sociedade (S).



também, se estende à idealização e conceção dos manuais escolares pelo poder significativo que podem exercer na consecução dos processos de ensino e aprendizagem.

No sistema educativo português é já possível identificar tópicos nos programas das disciplinas de Ciências Naturais, Biologia, Geologia, Física e Química que, pela sua natureza, são passíveis de serem explorados segundo a perspetiva CTS. Insere-se, neste âmbito, o tópico *Impacte do Desenvolvimento Científico e Tecnológico na Vida Humana* que emerge na sequência da homologação das Metas Curriculares em 2013 para a disciplina de Ciências Naturais do 8º ano de escolaridade e a partir do seguinte objetivo geral do subdomínio “Gestão sustentável dos recursos” (domínio “Sustentabilidade na Terra”): “Relacionar o desenvolvimento científico e tecnológico com a melhoria da qualidade de vida das populações humanas” (Bonito, 2013, p. 22). Este objetivo comporta, entre outros, os seguintes descritores: “Debater os impactes ambientais, sociais e éticos de casos de desenvolvimento científico e tecnológico” e “Discutir os contributos do desenvolvimento científico e tecnológico para o desenvolvimento sustentável” (Bonito, 2013, p. 22). É um tópico que se constitui como uma unidade com identidade própria na maioria dos manuais escolares de Ciências Naturais do 8º ano de escolaridade, disponíveis no mercado livreiro português e editados pela primeira vez em 2014. Está identificado nos manuais escolares que integram o *corpus* de análise mobilizado no presente estudo através dos seguintes títulos: 1) (0) Desenvolvimento científico e tecnológico e (a) melhoria da qualidade de vida das populações humanas (Antunes, Bispo, & Guindeira, 2014; Moreira, Sant’Ovaia, & Pinto, 2014), 2) O desenvolvimento científico-tecnológico e a melhoria da qualidade de vida humana (Carrajola, Martin, & Hilário, 2014), 3) Desenvolvimento científico e tecnológico (Oliveira, Ribeiro, & Silva, 2014), 4) Relacionar o desenvolvimento científico e tecnológico com a melhoria da qualidade de vida das populações humanas (Pereira, Pintão, Ramos, & Machado, 2014) e 5) Benefícios e riscos das inovações científicas e tecnológicas (Campos & Dias, 2014). A maioria destes títulos coincide, total ou parcialmente, com a formulação do respetivo objetivo nas metas curriculares. No entanto, sublinha-se o último título por ser o único que, diferenciando-se na formulação adotada, direciona explicitamente para uma imagem de Ciência e de Tecnologia como sendo atividades capazes não só de solucionar problemas mas também de os gerar, em oposição a representações frequentes que perfilham apenas o carácter benéfico. A própria formulação adotada no objetivo geral - Relacionar o desenvolvimento científico e tecnológico com a melhoria da qualidade de vida das populações humanas - pode ser indutora do mito da Ciência benfeitora que preconiza o progresso social como resultado do progresso económico e este da evolução da Ciência e da Tecnologia, conceção manifestada frequentemente em contextos diversificados (v. Vieira & Martins, 2005).

A exploração do tópico *Impacte do Desenvolvimento Científico e Tecnológico na Vida Humana* nos manuais escolares portugueses de Ciências Naturais do 8º ano inclui propostas de atividades de aprendizagem dirigidas aos alunos. É neste elemento didático que se focaliza o presente estudo pela possibilidade de criar condições para o aluno desenvolver não só conhecimentos mas também capacidades, atitudes e valores que, em articulação com esses conhecimentos, lhe permitem tornar-se um cidadão ativo e interventivo na sociedade, tomando decisões informadas e agindo responsabilmente tanto a nível individual como coletivo. Neste sentido e dada a natureza do tópico programático propícia a abordagens CTS, importa compreender o papel educativo das atividades de aprendizagem na abordagem desse tópico por referência à perspetiva CTS.



Contextualização teórica

A perspectiva educativa CTS direciona-se globalmente para a promoção da literacia científica, com incidência no desenvolvimento de competências que permitam a cada indivíduo exercer um papel interventivo na sociedade, participando responsável e democraticamente em processos de tomada de decisões sobre problemáticas de cariz socio-científico e que são caracterizadoras do mundo atual (Aikenhead, 2005; Membiela, 2011). Estas problemáticas identificam-se pelas interações mútuas Ciência-Tecnologia-Sociedade, revelando a Ciência e a Tecnologia como atividades humanas, socialmente contextualizadas.

O perfil de cidadão desejado pressupõe: “sujeitos autónomos que confiem nas suas próprias capacidades e nas dos outros para propor alternativas e atuar de modo a contribuir para construir uma sociedade mais justa e sustentável, para hoje e para o futuro” (Vieira, Tenreiro-Vieira, & Martins, 2011, p. 16). É uma perspectiva que está em consonância com a importância da construção de uma sociedade científica e tecnologicamente alfabetizada que, de acordo com a revisão de literatura efetuada por Prieto, España e Martín (2012), é justificada com razões de ordem económica, político-social, cultural e funcional. As razões de ordem económica assentam no pressuposto de que o desenvolvimento de um país depende da implementação de programas educativos orientados para a promoção da literacia científica não só de cientistas e tecnólogos mas também de toda a população. As razões de ordem político-social afirmam a importância dos conhecimentos científicos e tecnológicos na compreensão e regulação pública da Ciência e da Tecnologia, evitando que o poder decisório recaia unicamente numa elite e, conseqüentemente, os sistemas democráticos se tornem vulneráveis à tecnocracia. As razões de ordem cultural pressupõem a ciência e a tecnologia como parte integrante da cultura e assinalam o direito de cada ser humano ao seu usufruto. As razões de ordem funcional apontam a necessidade de cada cidadão possuir um nível adequado de conhecimentos científicos e tecnológicos que lhe permitam intervir responsabilmente e desenvolver-se plenamente no mundo em que está inserido.

A opção pela operacionalização do ensino e da aprendizagem das Ciências segundo a perspectiva CTS é também justificada com as vantagens educativas que proporciona (Bennett, Lubben, & Hogarth, 2007; Vieira, Tenreiro-Vieira, & Martins, 2011): contribui para a compreensão das ideias científicas, contribui para a melhoria das atitudes face à Ciência e à Ciência escolar, promove o interesse por cursos e carreiras profissionais no âmbito da Ciência, contribui para a melhoria das atitudes perante estratégias pedagógicas assentes na interação dialógica e na cooperação dos alunos, contribui para o desenvolvimento da capacidade de resolução de problemas e tomada de decisões, promove a compreensão das implicações sociais e do papel da sociedade no desenvolvimento da Ciência e da Tecnologia, promove a compreensão das interações mútuas Ciência-Tecnologia, e contribui para a compreensão da natureza da Ciência.

A relevância da perspectiva CTS é afirmada por Acevedo, Manassero e Vázquez (2005), atribuindo-lhe o papel de paradigma, segundo o sentido Kunhiano, na superação dos desafios que emergem quando se preconiza a promoção de uma educação em Ciências de cariz cultural, humanista e cívico para todos os cidadãos:

es el que proporciona el marco de referencia más adecuado para afrontar y dar respuesta a los dilemas y contradicciones que puedan plantear las máximas de alfabetización científica y tecnológica y de ciencia y tecnología para todas las personas. (p. 12)



A dificuldade de transição para a sustentabilidade, assinalada por Vilches e Gil Pérez (2014) e apontada como sendo decorrente, por exemplo, do tratamento reducionista e isolado das problemáticas socio-ambientais e em função de interesses particulares, justifica o investimento em práticas educativas assentes na perspetiva CTS. Neste sentido, é importante que as práticas pedagógicas adotadas contemplem não só a exploração de temas do quotidiano, com o intuito de promover a compreensão de princípios científicos, e a avaliação das vantagens e desvantagens do uso de um produto da Ciência/Tecnologia, mas também a análise das transformações sociais decorrentes do uso de produtos da Ciência/Tecnologia e dos processos de produção e implementação de produtos da Ciência/Tecnologia, promovendo a compreensão das relações de poder, das contradições envolvidas e de que a participação se opera no âmbito das políticas públicas (Strieder & Kawamura, 2014). Enfatiza-se a relevância da exploração de temáticas socio-científicas, que acentuem o caráter controverso e incluam problemas não resolvidos (Zeidler et al., 2005). É nesta linha que se aponta a exploração de práticas educativas de cariz CTS orientadas para a compreensão das influências mútuas CTS, a articulação de perspetivas diferenciadas, a tomada de decisões, a resolução de problemas, a assunção individual e coletiva de responsabilidades e o envolvimento em ações de cariz social (Waks, 1990, 1992).

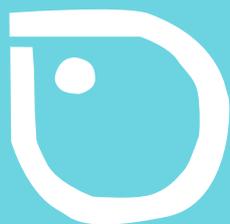
Metodologia

O presente estudo toma como objetivo de investigação global a compreensão do papel educativo das atividades de aprendizagem na abordagem do tópico programático *Impacte do desenvolvimento científico e tecnológico na vida humana* em manuais escolares portugueses de Ciências Naturais do 8º ano, tendo por referência a perspetiva CTS. A consecução deste objetivo implicou a concretização das seguintes tarefas, focalizadas na análise das atividades de aprendizagem:

- a) levantamento das tarefas de aprendizagem propostas, com o intuito de caracterizar os papéis passíveis de serem assumidos pelos alunos por referência a um perfil que se identifica pela reflexão, tomada de decisões e intervenção social;
- b) levantamento das temáticas exploradas, com o intuito de identificar o enfoque científico e o âmbito - local, regional, global - em que se integram e, conseqüentemente, o possível grau de relevância para o aluno;
- c) levantamento do enfoque CTS na exploração das temáticas abordadas.

O *corpus* de análise é constituído por 21 atividades de aprendizagem que integram o tópico programático acima referido e que se distribuem por seis manuais escolares (ME²) de Ciências Naturais do 8º ano, editados em 2014 e em vigor pelo período de seis anos (v. Lei nº 47/2006). Estão representadas cinco editoras: 1) Areal Editores (ME1: Antunes, Bispo, & Guindeira, 2014; ME4: Moreira, Sant'Ovaia, & Pinto, 2014), 2) Texto Editores (ME2: Campos & Dias, 2014), 3) Santillana (ME3: Carrajola, Martín, & Hilário, 2014), 4) ASA (ME5: Oliveira, Ribeiro, & Silva, 2014) e 5) Raiz Editora (ME6: Pereira, Pintão, Ramos, & Machado, 2014). A ausência do tópico programático como uma unidade com identidade própria em alguns manuais escolares e outros condicionalismos de ordem ética determinaram a opção pela não inclusão no *corpus* de análise de três manuais escolares que também estão disponíveis no mercado livreiro português.

² Os manuais escolares são identificados com um código, constituído pela sigla ME (manual escolar) seguida de um número, atribuído por ordem alfabética do último nome do primeiro autor de cada manual escolar.



A metodologia seguida na análise das atividades de aprendizagem consistiu na articulação de procedimentos de cariz qualitativo e quantitativo. O procedimento qualitativo consistiu na aplicação da técnica de análise de conteúdo com o intuito de identificar o tipo de tarefas de aprendizagem, o âmbito e o enfoque da abordagem das temáticas que corporizam as atividades de aprendizagem. A unidade de análise tem uma dimensão variável, coincidindo com a atividade de aprendizagem ou correspondendo a um ou mais elementos da atividade de aprendizagem (texto, questões de interpretação, instruções de execução). As categorias de análise foram definidas recursivamente à interpretação das atividades de aprendizagem. O procedimento quantitativo consistiu na contabilização do número de ocorrências em cada uma das categorias de análise, com o intuito de determinar tendências e regularidades.

Efetua-se, em seguida, uma caracterização sumária das atividades de aprendizagem analisadas, referindo os títulos que as identificam, a dimensão ocupada no manual escolar e a estrutura (número e tipo de tarefas de aprendizagem que as corporizam).

A tabela 1 apresenta a listagem de atividades de aprendizagem analisadas em cada manual escolar, com a especificação dos respetivos títulos. Mostra também a dimensão das atividades de aprendizagem, indicando, através do número de páginas (pp), o espaço que cada uma ocupa no manual escolar.



Tabela 1. Atividades de aprendizagem do tópico *Impacte do desenvolvimento científico e tecnológico na vida humana* nos manuais escolares de Ciências Naturais do 8º ano.

ME	Atividades de Aprendizagem: Títulos	pp
ME1	O avanço da ciência e da tecnologia melhorou a qualidade de vida das populações?	1
	A energia nuclear	1
	A evolução da agricultura	2
	O caso do DDT	1
ME2	A ciência e a tecnologia podem melhorar a vida das populações?	2
	Organismos geneticamente modificados	2
	Sementes <i>terminator</i> . A revolução da nanotecnologia	1
	Investiga	1/4
ME3	Evolução tecnológica 1	2
	Evolução tecnológica 2	1/3
	DDT	1
	Telemóvel	1
	Debate: Ciência, Tecnologia e Sociedade	1/4
ME4	Radioatividade em Fukushima atinge níveis letais	2
	Qual o impacte das marés negras?	1
	Que futuro para o arroz transgénico?	1
	Degelo do Ártico está a libertar substâncias tóxicas	1
ME5	Radioatividade e resíduos nucleares	2
ME6	Os organismos geneticamente modificados	2
	A engenharia genética	1
	Desenvolvimento científico e tecnológico	1

A maioria dos manuais escolares apresenta um número equivalente de atividades de aprendizagem na abordagem do tópico *Impacte do desenvolvimento científico e tecnológico na vida humana*. Num polo oposto, situa-se o manual escolar ME5 pelo facto de incluir apenas uma atividade de aprendizagem e, embora esteja subordinada a uma única temática, contém uma tarefa que está dirigida para a pesquisa de outros exemplos de inovações científicas e tecnológicas com impactes na qualidade da vida humana.

Verifica-se, também, que a maioria das atividades de aprendizagem tem uma dimensão equivalente. A diferença no espaço ocupado decorre da quantidade de informação incluída, com a finalidade de ser interpretada, e do número de diretrizes fornecidas para a sua consecução. As atividades de aprendizagem que ocupam menos espaço são aquelas que incluem apenas diretrizes gerais e que são as necessárias para a concretização das tarefas de debate, de pesquisa de informação,



de comunicação da informação e de construção de suportes de apoio à comunicação da informação.

As atividades de aprendizagem listadas na tabela 1 são constituídas por uma ou mais das seguintes tarefas: 1) Interpretação de informação fornecida e em função de questões orientadoras, 2) Pesquisa de informação, 3) Comunicação da informação no grupo turma e/ou na comunidade escolar, 4) Construção de suportes à comunicação da informação (cartaz, apresentação multimédia, jornal de parede, folheto), 5) Debate e 6) Entrevista. A conjugação destas tarefas em cada uma das atividades de aprendizagem (AtAps) está explicitada na tabela 2.

Tabela 2. Estrutura das atividades de aprendizagem do tópico *Impacte do desenvolvimento científico e tecnológico na vida humana* nos manuais escolares de Ciências Naturais do 8º ano.

NT	Estrutura das AtAps Tipo de tarefas	Atividades de aprendizagem (f)						Total
		ME1	ME2	ME3	ME4	ME5	ME6	
1	- Interpretação de informação fornecida	2	3	1	1			7
	- Pesquisa de informação	1		1				2
	- Debate			1				1
2	- Interpretação de informação fornecida	1		1	1	1	1	5
	- Pesquisa de informação			1				1
	- Comunicação da informação							
3	- Pesquisa de informação						1	1
	- Debate							
	- Interpretação de informação fornecida							
4	- Pesquisa de informação							
	- Comunicação da informação							
	- Construção de suportes à comunicação da informação							
3	- Entrevista				1			1
	- Pesquisa de informação							
	- Comunicação da informação		1				1	2
4	- Construção de suportes à comunicação da informação							
	- Pesquisa de informação							
	- Interpretação de informação fornecida				1			1
Total		4	4	5	4	1	3	21

Legenda: NT) número de tarefas que corporizam cada uma das atividades de aprendizagem.



Os manuais escolares ME1, ME2 e ME3 incluem, no tópico programático em análise, atividades de aprendizagem que são constituídas, principalmente, por uma única tarefa. Os outros manuais escolares (ME4, ME5 e ME6) já incluem, única ou principalmente, atividades de aprendizagem que articulam tarefas de natureza diversificada.

Resultados

A análise do contributo educativo das atividades de aprendizagem no quadro da perspetiva CTS implica caracterizar o papel passível de ser desempenhado pelos alunos, tendo por referência um perfil que se identifica pela reflexão, tomada de decisões e intervenção social. Neste sentido, indica-se na tabela 3 o tipo de tarefas propostas para os alunos desenvolverem na concretização das atividades de aprendizagem que integram o tópico *Impacte do desenvolvimento científico e tecnológico na vida humana* nos manuais escolares de Ciências Naturais do 8º ano.

Tabela 3. Tarefas propostas nas atividades de aprendizagem do tópico *Impacte do desenvolvimento científico e tecnológico na vida humana* nos manuais escolares de Ciências Naturais do 8º ano.

Tipo de tarefas	Tarefas (f)						Total
	ME1	ME2	ME3	ME4	ME5	ME6	
Interpretação de informação fornecida e em função de questões orientadoras	3	3	2	4	1	1	14
Pesquisa de informação	2	1	3	3	1	3	13
Comunicação da informação		2	1	1		2	6
- No grupo turma		1	1	1		1	4
- Na comunidade escolar		1				1	2
Construção de suportes à comunicação da informação		1		1		1 ^{a)}	3 ^{a)}
- Cartaz		1				1	2
- Apresentação multimédia				1		1	2
- Jornal de parede						1	1
- Folheto						1	1
Debate			1			1	2
Entrevista (a um ecólogo ou outro especialista ambiental)				1			1
Total	5	7	7	10	2	8	39

Nota: a) Não é efetuado o somatório das frequências dos suportes de informação - cartaz, apresentação multimédia, jornal de parede e folheto – porque são indicados na mesma atividade de aprendizagem do manual escolar como opções possíveis de construção.



Os manuais escolares recorrem a tarefas de natureza diversificada na concretização das atividades de aprendizagem do tópico *Impacte do desenvolvimento científico e tecnológico na vida humana*. No entanto, as tarefas - *Interpretação de informação fornecida* e *Pesquisa de informação* - são aquelas que predominam em todos os manuais escolares. A tarefa - *Comunicação da informação* - é apontada na maioria dos manuais escolares. Está a ela associada a tarefa - *Construção de suportes à comunicação da informação* -, que inclui a sugestão de um ou vários tipos de suportes passíveis de concretização. As outras tarefas - *Debate* e *Entrevista* - já estão restritas a um número diminuto de manuais escolares e a um número reduzido de ocorrências. Neste grupo de tarefas, é o debate aquela que se enquadra no grupo de metodologias apontadas como sendo as mais utilizadas em abordagens pedagógicas de cariz CTS (v. Membiela, 2011).

O modo de resolução das tarefas de aprendizagem está indicado apenas num manual escolar e para uma única tarefa. É apontada a modalidade de trabalho de grupo na realização de uma das três tarefas de pesquisa de informação incluídas no manual escolar ME6. Sendo o trabalho de grupo, quando operacionalizado segundo os princípios da aprendizagem cooperativa (v. Torrego Seijo & Negro Moncayo, 2012), potencialmente promotor da cooperação, da partilha, aprofundamento, defesa, confronto e reestruturação de ideias, poderá contribuir para o desenvolvimento do perfil de aluno desejado no âmbito da perspetiva CTS. A importância desta abordagem é sublinhada por alguns investigadores aquando da conceção de materiais didáticos com um enfoque CTS, podendo-se referir, a título de exemplo, aqueles que foram produzidos por Fontes e Silva (2004) e Vieira, Tenreiro-Vieira e Martins (2011).

O tipo de fontes de informação a mobilizar na pesquisa de informação é sugerido unicamente no manual escolar ME3 e apenas para uma das três tarefas de pesquisa apontadas. São indicadas diferentes fontes, passíveis de contribuir com informação de natureza diversificada: livros, revistas, internet.

Embora as atividades de aprendizagem nem sempre forneçam instruções de operacionalização explicitamente orientadas para o aluno assumir um papel ativo, consubstanciado na tomada de decisões e na negociação de ideias, verifica-se que algumas são constituídas por tarefas que possibilitam o desempenho desse papel, contribuindo implicitamente para a construção de um perfil de cidadão responsável, crítico e interventivo. São as tarefas em que o aluno assume a responsabilidade na seleção de informação, na distinção entre informação primária e secundária, na articulação e organização da informação, na seleção e estruturação do suporte de comunicação da informação, na construção de um guião de entrevista, na mobilização de argumentos para contestar ou sustentar uma ideia e na reformulação de posicionamentos assumidos face à opinião do Outro. Incluem-se neste grupo as tarefas de pesquisa de informação, de comunicação da informação, de construção de suportes de apoio à comunicação da informação, de debate e de entrevista. Contudo, para que o aluno desenvolva o perfil desejado, é imprescindível que tome consciência dos fatores que interferem na consecução dos processos atrás enumerados, nomeadamente, os saberes pessoais, as representações acerca das temáticas em exploração e os objetivos a contemplar. É, também, fundamental que tome consciência de que está a tomar decisões, das razões que lhe estão subjacentes e das repercussões das opções tomadas. Deste modo, estará a aprender acerca dos processos de tomada de decisão e de negociação, aprendizagem que Waks (1992) aponta como necessária para que no futuro o aluno seja realmente capaz de decidir sustentadamente. Embora as tarefas referidas possam contribuir para o desenvolvimento



da capacidade de tomada de decisões, este não poderá estar dependente apenas desse tipo de abordagens, tendo de ser concretizado com tarefas que impliquem a definição de propostas de medidas a adotar na resolução de situações problemáticas de cariz socio-científico autênticas, em função de possíveis impactes de ordem social, ambiental e ético, e contemplando a análise da aceitabilidade das razões subjacentes, incluindo custos e benefícios inerentes. Assinala-se, assim, uma limitação que é, também, encontrada em manuais escolares portugueses de outros anos de escolaridade (v. Fernandes & Pires, 2012, 2013).

Sabendo-se que a aprendizagem é influenciada pelas interações sociais, pelas relações interpessoais e pela comunicação com os Outros (Coll, 2010, p. 39), serão as tarefas de debate aquelas que por excelência poderão contribuir para desenvolver a capacidade de expressar opiniões, de evidenciar pontos de convergência e de divergência, e transformar os sujeitos em agentes de mudança. O debate, se concebido como um ato social, assente em interações de natureza dialógica, na reflexão e no questionamento, constituirá uma via fulcral para transformar os cidadãos em sujeitos participativos e indutores da participação e para dar voz aos *silenciosos*. A título de exemplo, apresenta-se a proposta de tarefa de debate incluída no manual escolar ME3:

Organiza um debate na tua turma em torno do tema «Ciência, Tecnologia e Sociedade». Para tal, debes: a) analisar previamente os tópicos em discussão e construir uma opinião pessoal fundamentada sobre cada um deles; b) expor e defender a tua opinião em aula; c) ouvir e refletir sobre a opinião dos teus colegas. TÓPICOS EM DISCUSSÃO: A. Ciência e Tecnologia, fonte de problemas ou processo de resolução de problemas? B. A quem deve caber a decisão da aplicação do conhecimento científico e tecnológico na sociedade? Aos cientistas, aos governantes, aos economistas, aos cidadãos ou outros? C. Quais são os limites da Ciência? Em que é que a Ciência nunca deve interferir? (Carrajola, Martin, & Hilário, 2014, p. 206)

Embora as tarefas de *Interpretação da informação fornecida* estejam orientadas, principalmente, para o desenvolvimento de conhecimentos e a tomada de consciência acerca de temáticas/problemáticas de cariz socio-científico, permitirão, também, a negociação de ideias se a resposta às perguntas orientadoras da análise da informação for objeto de discussão em pequeno grupo e/ou no grupo turma, envolvendo, à semelhança do debate, a partilha, o confronto de ideias e a construção de consensos.

O desenvolvimento das capacidades de intervenção social estará limitado a apenas alguns manuais escolares e a um número significativamente reduzido de tarefas. A comunicação de informação na comunidade escolar, acompanhada da construção dos respetivos produtos de suporte, e o debate são as únicas tarefas que permitirão ao aluno exercer um papel interventivo no contexto em que está integrado. São vias que lhe permitirão sensibilizar os sujeitos para as problemáticas de cariz socio-científico, incentivar a reflexão, despoletar a assunção de ações autónomas e, conseqüentemente, promover a transformação de perspetivas, comportamentos e atitudes. Sendo este um traço fulcral da perspetiva CTS, é, neste âmbito, limitado o contributo das atividades de aprendizagem propostas na abordagem do tópico programático *Impacte do desenvolvimento científico e tecnológico na vida humana*.

Face ao exposto, é fundamental sublinhar que o desenvolvimento das competências de reflexão, de (auto)questionamento, de negociação de ideias e de intervenção social não pode ficar na dependência de abordagens implícitas, exigindo o envolvimento do aluno em tarefas de reflexão



metacognitiva não só sobre o processo de aprendizagem mas também sobre a relevância e adequação das representações construídas acerca das problemáticas socio-científicas exploradas.

A compreensão do papel das atividades de aprendizagem na promoção da perspetiva CTS implica, também, identificar a possível relevância das temáticas abordadas para os alunos. O âmbito local, regional e global dessas temáticas é um indicador que permite apontar esse possível grau de relevância. Na tabela 4 apresentam-se as principais temáticas exploradas nas atividades de aprendizagem do tópico *Impacte do desenvolvimento científico e tecnológico na vida humana* dos manuais escolares de Ciências Naturais do 8º ano analisados, isto é, aquelas que, no conjunto dos manuais escolares, apresentam frequência superior a uma única ocorrência. A análise da natureza da temática e da abordagem conferida nos manuais escolares permite classificá-las como sendo de âmbito global.

O manual escolar ME3 inclui uma atividade de aprendizagem que não está focalizada na exploração de uma inovação científica/tecnológica mas que incide em aspetos caracterizadores da Ciência e da Tecnologia como atividades humanas. As temáticas abordadas são as seguintes: 1) Natureza da Ciência e da Tecnologia e 2) Papel da Sociedade no desenvolvimento da Ciência e Tecnologia. O manual escolar ME1, também, inclui uma atividade de aprendizagem que não está centrada no impacte de uma inovação científica/tecnológica específica mas que incide no estabelecimento de uma relação global entre o avanço da Ciência/Tecnologia e a esperança de vida saudável.

As outras temáticas exploradas ou indicadas para exploração em apenas uma atividade de aprendizagem e integradas num único manual escolar são as seguintes: 1) fertilizantes e máquinas agrícolas (ME1), 2) técnica de fundir e moldar os metais no fabrico de artefactos e nanotecnologia (ME2), 3) papel, pílula e satélite (ME3), 4) transporte marítimo do petróleo (ME4) e 5) energias alternativas, penicilina, tecnologias de captura e armazenamento de CO₂, construção de barragens, dessalinização da água (ME6).

Tabela 4. Temáticas abordadas nas atividades de aprendizagem do tópico *Impacte do desenvolvimento científico e tecnológico na vida humana* nos manuais escolares de Ciências Naturais do 8º ano.

Temáticas	Atividades de aprendizagem (f)						
	ME1	ME2	ME3	ME4	ME5	ME6	Total
Engenharia genética		2	1	1		2	6
DDT e/ou pesticidas, herbicidas	2		1	1		1	5
Energia nuclear	1			1	1	1	4
Vacinas		1	1			1	3
Telemóvel e/ou computador, internet			3				3
Fertilização in vitro			1			1	2
Microscópio e/ou telescópio			1			1	2
Roda		1	1				2
Máquina a vapor e/ou automóvel			2				2



Os manuais escolares apontam temáticas de natureza diversificada, que, pelo seu caráter socio-científico, contribuem para uma abordagem educativa de orientação CTS. As principais temáticas valorizadas são a: engenharia genética, DDT e energia nuclear. No âmbito da engenharia genética é proposta a abordagem de vários assuntos: plantas transgênicas, arroz dourado, seleção de características em humanos, seleção do género masculino e feminino, tratamento de doenças genéticas, clonagem reprodutiva e terapêutica. O manual escolar ME5 integra os contributos da investigação desenvolvida por Wilhelm Roetengen, Pierre Curie e Marie Curie na descoberta da radioatividade.

A maioria das temáticas abordadas são de âmbito global na medida em que incidem em inovações científicas e tecnológicas com repercussões a nível mundial, refletindo-se na vida de todas as populações e, portanto, com relevância social. É, também, esta a imagem veiculada através do tipo e modo de apresentação da informação incluída nas atividades de aprendizagem, embora, por vezes, os exemplos de problemáticas apresentadas se reportem a acontecimentos em países específicos (acidentes nucleares de Chernobyl, Ucrânia, em 1986 [ME1, ME5] e de Fukushima, Japão, em 2011 [ME1, ME4, ME5]). No entanto, algumas temáticas serão mais familiares para os alunos por fazerem parte do seu quotidiano ou estarem mais próximas dos seus interesses imediatos. Será o caso, por exemplo, do telemóvel, da internet, do computador, da pílula. É, ainda, de referir a inclusão de informação em duas atividades de aprendizagem que situa as inovações científico-tecnológicas no contexto português, podendo, por isso, assumir um certo âmbito local. São as situações patentes nas atividades de aprendizagem intituladas *Telemóvel* (Texto SMS – *short message service*) e *A evolução da agricultura* (caixa *Isto é Nosso!*), que integram, respetivamente, os manuais escolares ME1 e ME3:

Segundo dados da Anacom (regulador do setor das telecomunicações), cada português, no 3.º trimestre de 2012, terá enviado cerca de 330 mensagens por mês e usado o telemóvel cerca de 142 minutos em igual período de tempo. (Antunes, Bispo, & Guindeira, 2014, p. 204)

*Em Portugal, uma equipa da Universidade de Coimbra descobriu uma forma de diminuir a quantidade de urânio existente na água recorrendo a uma planta aquática, do género *Callitriche*. Esta planta absorve o urânio e armazena-o nos seus tecidos, o que poderá servir, por exemplo, para remover resíduos provenientes da indústria mineira. (Carrajola, Martin, & Hilário, 2014, p. 267)*

O enfoque de exploração das temáticas abordadas nas atividades de aprendizagem é um outro indicador do seu contributo na promoção da perspetiva CTS. Está registado na tabela 5.



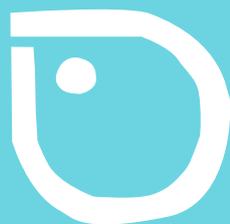
Tabela 5. Enfoque de exploração das temáticas abordadas nas atividades de aprendizagem do tópico *Impacte do desenvolvimento científico e tecnológico na vida humana* nos manuais escolares de Ciências Naturais do 8º ano.

Enfoque de exploração	Atividades de aprendizagem (f)						Total
	ME1 (n=4)	ME2 (n=4)	ME3 (n=5)	ME4 (n=4)	ME5 (n=1)	ME6 (n=3)	
Impacte da Tecnologia na Sociedade	3	4	4	4	1	3	19
Impacte da Ciência na Tecnologia			1		1		2
Impacte da Tecnologia na Ciência			1		1		2
Natureza da Ciência			1				1
Natureza da Tecnologia			1				1
Impacte da Sociedade na Ciência e Tecnologia			1				1
Relação 'evolução da Ciência e Tecnologia – esperança de vida'	1						1

O impacte do desenvolvimento da tecnologia na Sociedade é o principal enfoque contemplado por todos os manuais escolares de Ciências Naturais do 8º ano na exploração do tópico *Impacte do desenvolvimento científico e tecnológico na vida humana*. São analisados, principalmente, os impactes ambientais, sociais e, em situações pontuais, éticos. Neste âmbito, são explorados tanto impactes positivos como negativos.

Os manuais escolares ME3 e ME5 valorizam, ainda, outras interfaces da perspetiva CTS. Propõem a análise da repercussão do desenvolvimento da Ciência no desenvolvimento da Tecnologia (C-T) e a repercussão inversa (T-C). Serão estes dois manuais aqueles que estarão a contribuir para a construção de uma imagem da relação Ciência-Tecnologia assente numa visão dualista e interacionista que pressupõe a Ciência e Tecnologia como unidades ontologicamente independentes mas que estão em interação (v. Acevedo, 2006). A imagem de Tecnociência, assente num modelo monista que concebe a Ciência e a Tecnologia como uma unidade única, indiferenciadas ontologicamente, não é veiculada em nenhuma atividade de aprendizagem do tópico programático em análise.

O manual escolar ME3 contempla, também, a discussão acerca da natureza da Ciência e da Tecnologia, através da análise dos limites da Ciência e da interpretação da Ciência e da Tecnologia como atividades humanas capazes não só de solucionar como também de gerar problemas. Na sequência desta abordagem, inscreve-se o papel da sociedade no desenvolvimento e na regulação pública da Ciência e da Tecnologia, através da discussão de quem deverá ser o responsável - cientistas, governantes, economistas, cidadão comum, outros - pela tomada de decisão acerca do modo como são ou devem ser aplicados os conhecimentos científicos e tecnológicos.



O manual escolar ME1 contempla um outro enfoque de exploração: propõe a análise do conceito de qualidade de vida e a interpretação de dados relativos a esperança de vida saudável e esperança de vida à nascença, relacionando com o desenvolvimento da Ciência e da Tecnologia.

Conclusões

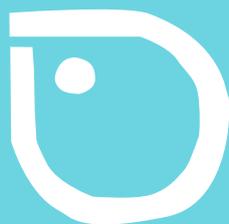
Os manuais escolares portugueses de Ciências Naturais do 8º ano adotam abordagens diferenciadas na exploração do tópico *Impacte do desenvolvimento científico e tecnológico na vida humana*, patente na diversidade de tarefas de aprendizagem, de temáticas e do enfoque de exploração. Contudo, detetam-se traços que refletem uma orientação CTS.

As temáticas exploradas identificam-se pelo carácter socio-científico. Caracterizam-se pelo âmbito global e, conseqüentemente, pela relevância social, decorrente da incidência em inovações científicas e tecnológicas com repercussões a nível mundial. Embora este seja um valor que justifica plenamente a opção por estas temáticas, verifica-se a ausência de temáticas que, dada a sua aplicabilidade direta à vida dos alunos, possam assumir maior relevância e ter um maior impacte no seu desenvolvimento pessoal e social. É, neste sentido, que se afirma a necessidade de incluir nos manuais escolares propostas de tarefas assentes na exploração de temáticas de âmbito local, isto é, relacionadas com problemas que afetam a comunidade em que os alunos se encontram inseridos. O número e tipo de temáticas variam em função dos manuais escolares. No entanto, é possível assinalar algumas temáticas primordiais: engenharia genética, DDT e energia nuclear.

Identifica-se um outro traço de orientação CTS no enfoque de exploração das temáticas. Este incide, fundamentalmente, no impacte da tecnologia na sociedade, através da análise dos impactes ambientais, sociais e, em situações pontuais, éticos. A repercussão do desenvolvimento da Ciência no desenvolvimento da Tecnologia (C-T) e a repercussão inversa (T-C) é um enfoque que está limitado a duas atividades de aprendizagem, presentes em manuais escolares distintos. Importa incrementar a abordagem de outros enfoques, nomeadamente, a exploração da perspectiva da Ciência e da Tecnologia como entidades ontologicamente indiferenciadas (Tecnociência), a exploração não só dos benefícios mas também dos riscos do uso de produtos da Ciência/Tecnologia, e o debate acerca do controlo público do desenvolvimento da Ciência/Tecnologia.

A reflexão, a tomada de decisão e a negociação de ideias são inerentes às tarefas de pesquisa de informação e de debate no grupo turma. Aprender a negociar e a tomar decisões não pode ficar ao arbítrio de abordagens pedagógicas implícitas. A capacidade de ação e de intervenção social, um traço fundamental numa perspectiva CTS, é passível de desenvolvimento através da construção de materiais e da realização de ações de divulgação na comunidade escolar, tarefas apontadas, respetivamente, em dois e três manuais escolares.

A análise efetuada aponta a importância da operacionalização de ambientes de aprendizagem que assumam a participação não só como um processo mas também como uma finalidade de aprendizagem, contribuindo para transformar os alunos em sujeitos participativos e agentes indutores da participação. Importa incluir nos manuais escolares tarefas de aprendizagem que permitam incrementar o desenvolvimento de capacidades de tomada de decisão na resolução de problemáticas de cariz socio-científico e da assunção de ações, individual e socialmente responsáveis.



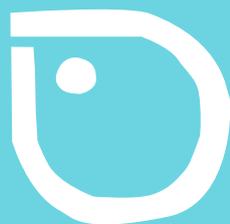
Estas tarefas deverão ser acompanhadas por tarefas de natureza metacognitiva sobre a relevância e aceitabilidade das posições e ações assumidas e sobre o próprio processo de aprendizagem.

A exploração educativa das propostas efetuadas nos manuais escolares no âmbito da perspetiva CTS bem como do manual escolar no seu todo estará condicionada pelo valor educativo que os professores atribuem a este instrumento didático e pelas teorias pessoais que mobilizam. Torna-se, assim, fundamental promover práticas de formação inicial e contínua de professores que, assente numa perspetiva de natureza reflexiva e investigativa (v. Diniz Pereira, 2008), estimule a reflexão sobre as teorias perfilhadas e práticas desenvolvidas pelos professores na utilização do manual escolar, promova a conceção, implementação e avaliação de estratégias de intervenção pedagógica orientadas não só para a valorização e exploração, didática e epistemologicamente sustentada, do manual escolar mas também para a promoção do desenvolvimento das competências de utilização deste instrumento didático pelos alunos.

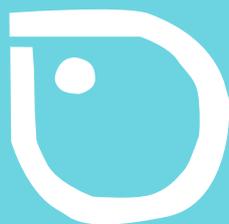
Assinala-se, ainda, a importância de continuar a avaliar se a conceção de manuais escolares acompanha e integra as recomendações da investigação em Educação em Ciências, particularmente no âmbito da perspetiva CTS, e daquela que está centrada nesse instrumento didático. Esta análise não poderá estar dissociada da compreensão dos possíveis fatores que condicionam o papel dos autores nesse processo e da discussão de possibilidades que os permitam superar.

Referências

- Acevedo, J. A. (2006). Modelos de relaciones entre Ciencia y Tecnología: un análisis social e histórico. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 3(2), 198-219.
- Acevedo, J. A., Manassero, M. A., & Vázquez, A. (2005). Orientación CTS de la alfabetización científica y tecnológica de la ciudadanía: un desafío educativo para el siglo XXI. In P. Membiela, & Y. Padilla (Eds.), *Retos y perspectivas de la enseñanza de las ciencias desde el enfoque Ciencia-Tecnología-Sociedad en los inicios del siglo XXI* (pp. 7-14). Ourense: Educación Editora.
- Aikenhead, G. (2005). Educación Ciencia-Tecnología-Sociedad (CTS): una buena idea como quiera que se llame. *Educación Química*, 16(2), 304-314.
- Antunes, C., Bispo, M., & Guindeira, P. (2014). *Descobrir a Terra 8. Ciências Naturais, 8º ano*. Porto: Areal Editores.
- Bennett, J., Lubben, F., & Hogarth, S. (2007). Bringing science to life: a synthesis of the research evidence on the effect of context-based and STS approaches to science teaching. *Science Education*, 91(3), 347-370.
- Bonito, J. (Coord.). (2013). *Metas Curriculares, Ensino Básico, Ciências Naturais, 5º, 6º, 7º e 8º anos*. Lisboa: Ministério da Educação e da Ciência.
- Campos, C., & Dias, M. (2014). *Terra CN. Ciências Naturais, 8º ano*. Lisboa: Texto Editores.
- Carrajola, C., Martin, L., & Hilário, T. (2014). *Projeto Desafios. Ciências Naturais, 8º ano*. Carnaxide: Santillana.



- Coll, C. (2010). Enseñar y aprender, construir y compartir: procesos de aprendizaje y ayuda educativa. In C. Coll (Coord.), *Desarrollo, aprendizaje y enseñanza en la educación secundaria* (pp. 31-61). Barcelona: Editorial GRAÓ.
- Diniz Pereira, J. E. (2008). A pesquisa dos educadores como estratégia para construção de modelos críticos de formação docente. In J. E. Diniz Pereira, & K. Zeichner (Orgs.), *A pesquisa na formação e no trabalho docente* (pp. 11-42). Belo Horizonte: Autêntica.
- Fernandes, I., & Pires, D. (2012). Integração CTSA em manuais escolares de Ciências da Natureza do 5º ano de escolaridade. In M. Martín Díaz, M. Gutiérrez Julián, & M. Gómez Crespo (Coords.), *Atas do VII Seminário Ibérico/III Seminário Iberoamericano CTS en la enseñanza de las Ciencias* (pp. 52-58). Madrid: Organización de Estados Iberoamericanos (OEI).
- Fernandes, I., e Pires, D. (2013). As inter-relações CTSA nos manuais escolares de Ciências do 2º CEB. *EDUSER: Revista de Educação*, 5(2), 35-47.
- Firmino, T. (2015, 15 de julho). Ao fim de mais de 50 anos, o pentaquark foi detetado. *Público*, p. 30.
- Fontes, A., & Silva, I. (2004). *Uma nova forma de aprender ciências: a educação em Ciência/Tecnologia/Sociedade (CTS)*. Porto: Edições ASA.
- Gerschenfeld, A. (2015, 13 de outubro). As pessoas podem ser identificadas pelo padrão de atividade cerebral. *Público*, p. 27.
- Gerschenfeld, A. (2015, 28 de abril). É oficial: cientistas modificaram o ADN de embriões humanos. *Público*, p. 27.
- Lei nº 47/2006 de 28 de agosto. *Diário da República nº 165*, 1.ª série. Assembleia da República. Lisboa.
- Membriela, P. (2011). Los enfoques integrados de Ciencia-Tecnología-Sociedad en la enseñanza secundaria. In P. Cañal (Coord.), *Biología y Geología. Complementos de formación disciplinar* (pp. 123-141). Barcelona: Editorial GRAÓ.
- Moreira, J., Sant'Ovaia, H., & Pinto, V. (2014). *Compreender o ambiente, parte 2. Ciências Naturais, 8º ano*. Porto: Areal Editores.
- Oliveira, O., Ribeiro, E., & Silva, J. (2014). *Ciência & Vida 8, 8º ano*. Porto: ASA.
- Pereira, C., Pintão, G., Ramos, J., e Machado, J. (2014). *Exploratório 8. Ciências Naturais, 8º ano*. Lisboa: Raiz Editora.
- Prieto, T., España, E., & Martín, C. (2012). Algunas cuestiones relevantes en la enseñanza de las ciencias desde una perspectiva Ciencia-Tecnología-Sociedad. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 9(1), 71-77.
- Rocha, C. (2015, 22 de junho). HPV. Estudos estão a concluir que as vacinas também são eficazes com menos doses. *Público*, pp. 26-27.
- Strieder, R., & Kawamura, M. (2014). Perspectivas de participação social no âmbito da educação CTS. *Uni-pluri/versidad*, 14(2), separata, 46-52.



- Torrego Seijo, J. C., & Negro Moncayo, A. (Coords.). (2012). *Aprendizaje cooperativo en las aulas. Fundamentos y recursos para su implantación*. Madrid: Alianza Editorial.
- Vieira, R., & Martins, I. (2005). Formação de professores principiantes do ensino básico: suas concepções sobre ciência-tecnologia-sociedade. *Revista Iberoamericana de Ciencia, Tecnología y Sociedad*, 2(6), 101-121.
- Vieira, R., Tenreiro-Vieira, C., & Martins, I. (2011). *A educação em Ciências com orientação CTS. Atividades para o ensino Básico*. Porto: Areal editores.
- Vilches, A., & Gil Pérez, Daniel (2014). Educación y acción para la sostenibilidad. Balance de mucho más de una década. *Uni-pluri/versidad*, 14(2), separata, 382-389.
- Waks, L. (1990). Educación en Ciencia, Tecnología y Sociedad: orígenes, desarrollos internacionales y desafíos actuales. In M. Membiela, & J. Sanmartín (Eds.), *Ciencia, Tecnología y Sociedad. Estudios interdisciplinarios en la universidad, en la educación y en la gestión pública* (pp. 42-75). Barcelona: Anthropos.
- Waks, L. (1992). The responsibility spiral: a curriculum framework for STS education. *Theory into practice*, 31(1), 13-19.
- Zeidler, D. et al. (2005). Beyond STS: a research-based framework for socioscientific issues education. *Science Education*, 89(3), 357-377.