

**Concepções de estudantes do ensino médio sobre as relações
de interdependência e qualidade de vida
relativas à ciência e à tecnologia ***

**Concepciones de estudiantes de educación secundaria
sobre las relaciones de interdependencia y calidad de vida
relativas a la ciencia y a la tecnología**

***Ideas Held by High School Students
Regarding Interdependent Relations and Quality of Life
Relative to Science and Technology***

**Rafael Schepper Gonçalves, Paulo Henrique Dias Menezes,
Amanda Batista dos Santos, Ángel Vázquez-Alonso
e Walmir dos Reis Miranda Filho ****

Na abordagem ciência, tecnologia e sociedade (CTS) para a educação espera-se que os estudantes alcancem conhecimentos básicos e úteis sobre ciência e tecnologia para que sejam capazes de se posicionar de maneira fundamentada e crítica diante de processos decisórios da sociedade. A pesquisa relatada neste trabalho integra o Projeto Ibero-americano de Avaliação de Atitudes Relacionadas com a Ciência, a Tecnologia e a Sociedade (PIEARCTS) e procurou investigar as concepções de caráter CTS de estudantes da educação básica. Para isso, foi utilizado o questionário de opiniões sobre ciência, tecnologia e sociedade (QOCTS) em uma amostra de 82 estudantes do ensino médio de uma escola pública federal do Estado de Minas Gerais, Brasil, no intuito de identificar e diagnosticar traços positivos ou negativos dessas concepções que possam ser associados à educação escolar. Com os resultados foi possível verificar que os estudantes ainda não compreendem suficientemente os aspectos CTS, mais especificamente sobre a interdependência/qualidade de vida relacionadas à ciência e à tecnologia, a adoção de novas tecnologias e as implicações destas para a sociedade.

219

Palavras-chave: ensino médio; CTS; QOCTS; PIEARCTS

* Recebimento do artigo: 15/04/2020. Entrega da avaliação final: 03/08/2020.

** *Rafael Schepper Gonçalves*: Universidade Federal de Juiz de Fora, Brasil. Correio eletrônico: rafa.schepper@gmail.com. *Paulo Henrique Dias Menezes*: Universidade Federal de Juiz de Fora. Correio eletrônico: paulo.menezes@ufjf.edu.br. *Amanda Batista dos Santos*: Universidade Federal de Juiz de Fora. Correio eletrônico: amandab.dsantos@hotmail.com. *Ángel Vázquez-Alonso*: Universidade das Ilhas Baleares, Espanha. Correio eletrônico: angel.vazquez@uib.es. *Walmir dos Reis Miranda Filho*: Universidade Federal de Minas Gerais, Brasil. Correio eletrônico: walmir.reis.miranda.filho@gmail.com.

En el enfoque de ciencia, tecnología y sociedad (CTS) para la educación, se espera que los estudiantes adquieran conocimientos básicos y útiles sobre ciencia y tecnología y sean capaces de posicionarse de manera fundamentada y crítica ante los procesos decisivos de sus sociedades. La investigación presentada en este trabajo es parte del Proyecto Iberoamericano de Evaluación de Actitudes Relacionadas con la Ciencia, la Tecnología y la Sociedad (PIEARCTS) y buscó indagar en las concepciones de carácter CTS de los estudiantes de educación básica. Para ello se preparó un cuestionario que fue respondido por 82 estudiantes de educación secundaria de una escuela pública federal del Estado de Minas Gerais, Brasil, con el fin de identificar y diagnosticar rasgos positivos o negativos de estas concepciones que puedan asociarse con la educación escolar. Se pudo constatar que los estudiantes aún no comprenden suficientemente los aspectos CTS, más específicamente la interdependencia y la calidad de vida relacionadas con la ciencia y la tecnología, la adopción de nuevas tecnologías y sus implicancias para la sociedad.

Palabras clave: educación secundaria; CTS; QOCTS; PIEARCTS

In the science, technology and society (STS) approach to education, it is expected that students acquire basic and useful knowledge about science and technology, so that they may be capable of positioning themselves in their societies' decision-making processes in a well-founded and critical manner. The research presented in this paper is part of the Ibero-American Project Evaluation of Attitudes Related to Science, Technology and Society (PIEARCTS, due to its initials in Spanish), and sought to investigate the ideas held in regard to STS by students in basic education. To this end, a questionnaire about views on science, technology and society was given to 82 high school students from a federal public school in the state of Minas Gerais, Brazil, with the aim of identifying and diagnosing the positive or negative traits of these ideas that could be associated with school education. The results show that students do not yet understand STS issues, mainly the interdependence/quality of life related to science and technology, the adoption of new technologies and their influence on our societies.

Keywords: secondary education; STS, QOCTS; PIEARCTS

Introdução e justificativas

É reconhecido que a ciência e a tecnologia têm uma presença notória e significativa na sociedade atual. Suas repercussões na economia, política, educação e cultura põem em relevo seu destacado papel nas decisões tanto pessoais quanto coletivas de uma sociedade globalizada. Como consequência, uma necessidade premente da educação é a de fazer com que todas as pessoas alcancem conhecimentos básicos e úteis sobre ciência e tecnologia para que possam participar de forma consciente e ativa dessas decisões, ou seja, que as tornem minimamente alfabetizadas em ciência e tecnologia.

Nesse sentido, a alfabetização científica e tecnológica configura-se em um dos principais objetivos básicos e prioritários de uma educação inclusiva e para todas as pessoas. Essa alfabetização deveria orientar os currículos das ciências da natureza no sentido de alinhar seus objetivos e conteúdos em contextos úteis para todos os estudantes no exercício pleno da cidadania, sendo este um princípio básico da orientação CTS (Bennàssar-Roig *et al.*, 2011; Santos; Mortimer, 2000). De acordo com Antonioli *et al.*, 2012:

“Entender um pouco da Natureza da Ciência durante a aprendizagem das suas diferentes disciplinas constitui um passo importante quando o objetivo é a alfabetização científica e tecnológica [...]. Para isso é necessária a compreensão de elementos de diferentes áreas como história, filosofia e sociologia. O estudo dessa natureza perpassa a construção do conhecimento científico e das relações entre ciência, tecnologia e sociedade” (Antonioli *et al.*, 2012, p. 152).

221

Muitas vezes o propósito interdisciplinar da perspectiva CTS apontada por Antonioli (2012) passa despercebida por estudos da área. Os especialistas reconhecem que a compreensão da natureza da ciência e tecnologia (NdC&T) é um dos componentes essenciais da alfabetização científica, cujo objetivo é a compreensão de suas implicações e aplicações na sociedade e o conhecimento epistêmico para além dos conceitos (fatos e princípios), i.e., das leis e teorias que formam o corpo de conhecimentos básicos da ciência e da tecnologia, que tradicionalmente constitui o núcleo central do ensino de ciências, à margem do enfoque didático adotado (Antonioli *et al.*, 2012; Bennàssar-Roig *et al.*, 2011; Chrispino *et al.*, 2017; Gil-Pérez *et al.*, 2001; Gordillo *et al.*, 2009; Schepper, 2014).

Nos últimos anos, proliferaram-se pesquisas orientadas a conhecer o grau da compreensão da NdC&T de estudantes, e significativos êxitos foram alcançados (Antonioli, 2012; Bennàssar-Roig *et al.*, 2011; Chrispino *et al.*, 2017; Vázquez *et al.*, 2006). Entretanto, Antonioli *et al.* (2012) asseveram que essa compreensão ainda é controversa, pois não há consenso entre especialistas de diversos campos do conhecimento. Os autores também ponderam que identificar correlações e divergências entre os pensamentos de especialistas e compará-los com as concepções de estudantes pode contribuir para o descobrimento de como introduzir a natureza da ciência no currículo escolar. Conhecer a compreensão de alunos e de alunas sobre as diversas facetas do conhecimento ligadas à natureza da ciência pode

possibilitar uma inserção mais qualificada de seus conteúdos em sala de aula. Nesse sentido, as contribuições de Erduran e Dagher (2014) e Manassero e Vázquez (2019) oferecem uma re-conceitualização da natureza da ciência e da tecnologia que ajuda a organizar e estruturar esse campo. Ambos coincidem ao propor duas áreas principais e relacionadas, por um lado, os aspectos sociais e, por outro, os aspectos epistêmicos da ciência e da tecnologia.

Entende-se, ainda, que a ciência escolar não deve perder de vista a importância de prover ao educando, além dos conhecimentos científicos e tecnológicos propriamente ditos, informações de caráter axiológico (como fraternidade, solidariedade, respeito ao próximo, equidade), incluídos na dimensão social da natureza da ciência e tecnologia. Para o exercício da cidadania é preciso ter consciência do outro nos moldes que já foram destacados nos Parâmetros Curriculares Nacionais (PCN) do ensino médio, quando explicitam o necessário “fortalecimento dos laços de solidariedade e de tolerância recíproca; formação de valores; aprimoramento como pessoa humana; formação ética; exercício da cidadania” (Brasil, 1999, p. 161).

Essas noções alinham-se às convicções teóricas de Santos e Mortimer (2000), ao afirmarem que é fundamental evidenciar o poder de influência que os educandos podem ter como cidadãos, bem como as questões éticas e os valores humanos vinculados à ciência e à tecnologia. Nesse sentido, os alunos podem ser estimulados a participar de forma democrática na sociedade por meio da expressão de suas opiniões. No entender desses autores, tal estímulo poderia ser realizado

222

“... levando-se os alunos a perceberem o potencial de atuar em grupos sociais organizados, como centros comunitários, escolas, sindicatos [...] Pode-se mostrar o poder do consumidor em influenciar o mercado, selecionando o que consumir. Além disso, as discussões das questões sociais englobariam os aspectos políticos, os interesses econômicos, os efeitos da mídia no consumo [...]. Questões dessa natureza propiciarão ao aluno uma compreensão melhor dos mecanismos de poder dentro das diversas instâncias sociais” (Santos e Mortimer, 2000, p. 10).

Importa ressaltar que se defende aqui a ideia de uma ciência arraigada em temas controversos, que geralmente não são abordados nas salas de aula do ensino médio. Isso faz pensar um pouco mais sobre a ciência escolar, que geralmente fomenta uma visão empírico-indutivista de construção do conhecimento científico (Gil-Pérez *et al.*, 2001). De outra maneira, entende-se que a “ciência é rica em controvérsias, que são, naturalmente, despertadoras de interesses e discussões, mas [...] pouco disso é explorado” (Antonioli *et al.*, 2012, p. 156).

Hoje, cada vez mais, os conteúdos de ciência, tecnologia e sociedade consideram a qualidade na inovação de um ensino de ciências destinado a alcançar a alfabetização científica e tecnológica de todas as pessoas. Acevedo-Díaz, Vázquez e Manassero (2003) realçam que os princípios e orientações do enfoque CTS na educação relacionam-se com a educação tecnocientífica e são uma resposta sólida a inúmeros dos novos desafios educativos planteados por ela.

Nesse contexto, destaca-se a relevância de se conhecer as concepções de caráter CTS dos estudantes, uma vez que essas refletem diretamente nas suas atitudes como cidadãos (Schepper, 2014). De outro modo, a compreensão adequada da NdC&T por parte de alunos e alunas tem sido identificada, por vários autores, como um dos aspectos essenciais da alfabetização tecnocientífica (Acevedo-Díaz; Vázquez; Manassero, 2003). Na compreensão de Sasseron e Carvalho (2011, p. 61), alicerçada nas ideias de Paulo Freire, “a alfabetização [num sentido mais amplo] deve desenvolver em uma pessoa qualquer a capacidade de organizar seu pensamento de maneira lógica, além de auxiliar na construção de uma consciência mais crítica em relação ao mundo que a cerca”. Essa compreensão vai ao encontro do que se espera do enfoque CTS.

Para Chrispino *et al.* (2017):

“Um dos objetivos dos estudos CTS, talvez aquele que alcance quase a unanimidade dos pesquisadores da área, é a possibilidade de garantir maior empoderamento para o cidadão participar da tomada de decisão nos assuntos relativos a ciência e tecnologia, com implicações diretas em sua vida em sociedade [...] *O trabalho na base da cadeia de conhecimento formal visa alcançar em última instância o almejado empoderamento, pois a transformação que buscamos só é possível quando o conhecimento consegue alcançar camadas mais críticas, começando pelo professor até chegar aos alunos [...] Muito já foi feito, mas o caminho ainda se apresenta cheio de desafios e oportunidades para, entre outras coisas, tornar o cidadão mais preparado para participar das decisões que envolvem a tríade ciência, tecnologia e sociedade*” (Chrispino *et al.*, 2017, p. 109-110, grifo nosso).

223

Partindo dessas ponderações, entende-se que seja relevante para o ensino de ciências de forma geral e, particularmente para educação CTS, a elaboração de pesquisas cujo intuito seja investigar as concepções sobre a compreensão das relações CTS que os estudantes da educação básica possuem, pois compreende-se que o diagnóstico individual dessas concepções pode apresentar importantes implicações educativas para o ensino de ciências. Essa possibilidade resulta especialmente valiosa se combinada com a pluralidade e diversidade de crenças observadas nos indivíduos. Assim, os resultados deste trabalho podem apontar não só as concepções CTS dos estudantes do ensino médio, mas também contribuir para ampliação de ações educativas mais efetivas voltadas para a formação de indivíduos cômicos de sua responsabilidade frente a processos decisórios que exigem conhecimentos sobre a natureza social da ciência e da tecnologia (Vázquez *et al.*, 2006).

Para o desenvolvimento desta pesquisa foram feitos dois questionamentos, aos quais procura-se responder ao longo deste relato de investigação: Qual a compreensão dos estudantes sobre a possibilidade de investimentos em ciência e tecnologia? Que concepções sobre o implemento de novas tecnologias os estudantes adquiriram durante a educação básica?

A amostra da pesquisa foi composta por 82 estudantes do ensino médio de um colégio de aplicação de uma universidade pública do estado de Minas Gerais (Brasil). Na próxima secção, detalharemos os aspectos metodológicos da pesquisa.

1. Procedimentos Metodológicos: PIEARCTS e QOCTS

A presente investigação ocorreu no âmbito do PIEARCTS (Projeto Ibero-americano de Avaliação de Atitudes Relacionadas com a Ciência, a Tecnologia e a Sociedade), que é uma investigação cooperativa internacional desenvolvida por pesquisadores e pesquisadoras de sete países ibero-americanos (Argentina, Brasil, Colômbia, Espanha, México, Portugal e Uruguai) (Bennassar-Roig *et al.*, 2011). O ponto fulcral desse projeto é o diagnóstico da compreensão de estudantes e professores sobre a natureza da ciência e da tecnologia (NdC&T) com o intuito de: identificar os pontos fortes e frágeis e informar sobre isto; renovar o ensino e aprendizagem da ciência e tecnologia (planejamento, *design*, inovação do currículo); melhorar a formação inicial e continuada de professoras e professores; e comparar resultados e consolidar equipes de investigação nos países participantes.

Nas palavras de Maciel *et al.* (2009), são metas do PIEARCTS: a construção de uma educação CTS centrada na promoção de capacidades de pensamento e de valores; a aproximação da educação CTS com a investigação e as práticas docentes; a educação pela ciência caracterizada como formação para a cidadania; a investigação didática com vista a fundamentar as práticas didático-pedagógicas e promoção, em todas as instituições e países, da cultura científica.

Segundo Bennassar-Roig *et al.* (2011), as investigações sobre a compreensão da NdC&T utilizam diversas metodologias (qualitativas e quantitativas) e instrumentos (entrevistas, observações, informes, notas de campo, questionários, etc.). Nas últimas décadas, a maior parte dessa investigação realizou-se com instrumentos de lápis e papel orientados a medir a compreensão sobre a empresa científica, os cientistas e os métodos e fins da ciência direcionados a conhecer a percepção sobre a natureza do conhecimento científico. Além das limitações para obter informações relevantes sobre a NdC&T, seus defeitos metodológicos têm gerado críticas importantes:

- A hipótese da percepção imaculada, segundo a qual supõe-se que o pesquisador e a pessoa entrevistada percebem e compreendem o texto de um questionário da mesma maneira;
- Os instrumentos que, através das opções oferecidas impõem os preconceitos e crenças de seus elaboradores, de maneira que os resultados terminam atribuindo às pessoas investigadas opiniões que são mais produtos do instrumento aplicado do que uma representação fiel das ideias dos entrevistados;
- A escassa validade de conteúdo, que dificulta a discriminação entre valores numéricos que correspondem a posições diferentes “apropriadas” ou “inapropriadas”;
- A falta de unidimensionalidade do constructo avaliado, necessária para validar os resultados métricos e as interpretações.

Essas críticas coincidiram com o auge das metodologias qualitativas em educação, que indicaram uma mudança de paradigma, substituindo-se a instrumentação por metodologias próprias (entrevistas, questionários abertos, observações, estudos de casos, etc.), as quais revelam melhor os processos de pensamento e, ao mesmo tempo, evitam, ou minimizam, as críticas anteriores e os condicionantes de confiabilidade e validade quantitativos. Entretanto, sua representatividade costuma ser muito limitada, porque operam com amostras pequenas e consomem muito tempo e recursos, sobretudo porque ocultam potenciais traços e pontos críticos da investigação, em especial as interpretações dos múltiplos registros abertos (Lederman, 1992).

O dilema entre métodos qualitativos e quantitativos foi abordado por Aikenhead, Ryan e Fleming (1989), que comparou a validade de diversos instrumentos, como escalas Likert; entrevistas e questionários de múltipla escolha empiricamente desenvolvidos. O autor concluiu que estes últimos, confeccionados mediante perguntas abertas e entrevistas prévias, constituem uma terceira via muito valiosa, pois combinam as vantagens dos instrumentos fechados com a riqueza de entrevistas e métodos qualitativos, ao mesmo tempo que evitam as objeções dos questionários (percepção imaculada ou imposição de esquemas prévios).

Em consequência, Aikenhead, Ryan e Fleming (1989) elaboraram um banco de itens abertos: *Views on Science, Technology and Society* (VOSTS), que foi desenvolvido e adaptado para diversas amostras de diferentes idades. Esses itens planteiam uma visão sólida sobre a NdC&T, que inclui aspectos epistemológicos; as relações internas e externas entre a ciência, a tecnologia e a sociedade, e trazem, inclusive, atitudes relacionadas a inclusão de questões da NdC&T na educação científica. Os questionários desenvolvidos empiricamente são instrumentos normalizados que podem constituir uma alternativa válida às metodologias qualitativas, em especial quando se pretende realizar estudos representativos e comparativos de populações que requerem amostras grandes, pois sua aplicação é mais viável em tempo, custo e recursos (Vázquez *et al.*, 2006).

225

O Questionário de Opiniões sobre Ciência, Tecnologia e Sociedade (QOCTS¹) de Acevedo-Díaz, Vázquez e Manassero (2003) é o resultado da adaptação de alguns desses questionários desenvolvidos empiricamente — especialmente, o VOSTS — às línguas e culturas espanhola e portuguesa. A metodologia de uso desses questionários tem progredido muito desde o limitado modelo de resposta única, utilizado por alguns autores, até um novo modelo de resposta e análise múltiplas, muito mais potente e informativo, que permite a utilização da estatística inferencial.

Em relação à avaliação do ensino e da aprendizagem da NdC&T uma das linhas de investigação didática aberta é, precisamente, a meta-análise crítica dos diversos instrumentos e metodologias de pesquisa empregados para conhecer e validar as concepções e opiniões sobre a NdC&T em diversas populações (Vázquez *et al.*, 2006). Com esse fim, constrói-se o QOCTS, que na atualidade está acreditado como um dos

1. Tradução do espanhol de *Cuestionario de Opiniones sobre Ciencia, Tecnología y Sociedad*.

melhores instrumentos de papel e lápis para avaliar a compreensão da NdC&T, com amplo uso em teses e dissertações.

No modelo de respostas múltiplas, cada uma das frases optativas é valorada pelo respondente, de modo que se maximiza a informação disponível para avaliar sua concepção. O respondente valora em cada tema, sobre uma escala de nove pontos, seu grau de acordo ou desacordo com uma das frases. Com o intuito de elucidar essa dinâmica, a seguir apresenta-se um trecho da Forma I (FI) questão 10412 do QOCTS² como exemplo de questão. Nele, pede-se que se atribua um valor relativo ao grau de concordância pessoal com cada uma dessas frases, escrevendo no quadrado à esquerda da frase o número que representa a sua opinião, expresso numa escala de 1 a 9 com os seguintes significados:

Quadro 1. Escala usada para valorar as questões do QOCTS

Desacordo				Indeciso	Acordo				Outros ³	
Total	Alto	Médio	Baixo		Baixo	Médio	Alto	Total	NE	NS
1	2	3	4	5	6	7	8	9	E	S

Fonte: autores

226

Quadro 2. Exemplo de uma questão do QOCTS

Exemplo de questão com respostas	
(Os números situados na coluna da esquerda representam as respostas que deve escrever; os valores neste exemplo são fictícios e não devem ser tomados como referência para mais nada).	
<i>10412 A ciência influencia a tecnologia?</i>	
1	A. A ciência não tem muita influência na tecnologia.
6	B. Tecnologia é ciência aplicada.
8	C. O avanço na ciência conduz a novas tecnologias.
9	D. A ciência torna-se mais valiosa quando se usa na tecnologia.
7	E. A ciência é o conhecimento base para a tecnologia.
8	F. Os conhecimentos da investigação científica aplicada usam-se mais na tecnologia que os conhecimentos da investigação científica pura.
2	G. A tecnologia é a aplicação da ciência para melhorar a vida.

Fonte: Manassero, Vázquez, Acevedo-Díaz e Paixão (2012)

2. O questionário completo, Formas I e II, em português e espanhol, pode ser encontrado em Bennassar-Roig *et al.*, 2011.
3. Em que NE significa "Não a entendo", e NS quer dizer "Não sei".

Cada uma das frases relacionadas à questão pode ser classificada em (Vázquez *et al.*, 2006): i) adequada: a proposição expressa uma opinião apropriada desde a perspectiva dos conhecimentos de história, filosofia e sociologia da ciência; ii) plausível: ainda que não completamente adequada, a proposição expressa alguns aspectos apropriados, desde a perspectiva dos conhecimentos de história, filosofia e sociologia da ciência; ou ingênua: a proposição expressa uma opinião inapropriada ou não plausível.

É preciso destacar que as valorações diretas constantes no **Quadro 1** transformam-se depois em um índice atitudinal, normalizado no intervalo [-1, +1], mediante a métrica que opera tendo em conta a categoria de cada frase (adequada, plausível ou ingênua), classificada previamente por especialistas. Os índices atitudinais são indicadores quantitativos das concepções e atitudes dos respondentes. Medem o grau de sintonia da pontuação direta, outorgada pelos entrevistados, com o padrão categorial classificado pelos especialistas. Quanto mais positivo e próximo do valor máximo (+1) é um índice, mais adequada e informada se considera a concepção; e quanto mais negativo e próximo de (-1), mais ingênua ou desinformada. Ainda que a metodologia empregada seja quantitativa, também permite e fundamenta interessantes análises qualitativas (Vázquez *et al.*, 2006).

Nesse sentido, considera-se o potencial do modelo de repostas múltiplas do QOCTS para criação de uma base de dados, podendo utilizar-se de uma estatística interessante que, associada a outros métodos qualitativos, poderá gerar ricas e confiáveis informações sobre as concepções dos sujeitos em relação à tríade CTS. Por isso, defende-se a relevância do QOCTS como uma das ferramentas de coleta de dados para o desenvolvimento do estudo defendido nessa investigação.

227

Os indivíduos participantes da pesquisa responderam de maneira anônima ao QOCTS, o que permitiu obter uma série de variáveis quantitativas de concepções CTS: o índice atitudinal de cada frase; o índice atitudinal de categoria que, conforme dito anteriormente, pode ser adequada, plausível ou ingênua. Estas categorias serão detalhadas na seção Discussão dos Resultados.

A amostra deste estudo foi composta por 82 estudantes do ensino médio do colégio de aplicação de uma universidade pública do Estado de Minas Gerais (Brasil), que se dispuseram a participar de forma voluntária por meio da assinatura de um Termo de Consentimento Livre Esclarecido, tendo sido resguardadas todas as questões éticas com o respaldo e aprovação do Comitê e Ética em Pesquisa Humana da universidade em questão.

O desenho da amostra foi pensado para obter um mapa com as compreensões de estudantes sobre os temas “Ciência e tecnologia” e “Construção social da tecnologia”, cujos respectivos subtemas são: “Interdependência/qualidade de vida” e “Decisões tecnológicas” (Bennassar-Roig *et al.*, 2011) (**Quadro 3**). Cabe aclarar que as questões utilizadas apresentam de cinco a dez frases CTS, cujas respostas foram avaliadas por juízes especialistas (professores formadores e professores de ciências, filósofos, pesquisadores em didática das ciências).

**Quadro 3. Questões dos temas “Ciência e tecnologia”
e “Construção social da tecnologia”**

Tema	Subtema	Questão
Ciência e tecnologia	Interdependência/qualidade de vida	10421
Construção social da tecnologia	Decisões tecnológicas	80131

Fonte: autores

Para melhor esclarecimento do leitor, apresentamos no **Apêndice** as duas questões que foram utilizadas para coleta de dados. O próximo tópico apresenta a discussão dos resultados obtidos nesta pesquisa.

3. Discussão dos resultados

O maior interesse educativo dos resultados obtidos encontra-se em identificar e diagnosticar os traços mais positivos ou mais negativos das concepções pessoais e grupais dos alunos, através dos índices das frases e questões específicas. O motivo é que esses traços são bons indicadores das necessidades de formação e desenvolvimento na educação científica e tecnológica.

Os países participantes do PIEARCTS promovem uma seleção de 30 questões, dividindo-as em dois questionários (FI e FII). O FI apresenta 15 questões com um total de 99 frases embutidas. Já o FII possui 101, totalizando 200 frases (Antonioni, 2012). No caso específico desta pesquisa, foram aplicadas a questão 10421, que faz parte do FII, e a questão 80131, que faz parte do FI.

A questão 10421 tem como tema “Definições de ciência e tecnologia” e inclusa no subtema “Interdependência/qualidade de vida”. Em outras palavras, essa questão trata da qualidade de vida propiciada pelo desenvolvimento da ciência e da tecnologia. A questão 10421 contém oito frases, sendo uma classificada na categoria adequada (frase D); três como plausíveis (frases B, C e E); e quatro frases categorizadas como ingênuas (frases A, F, G e H).

Quadro 4. Questão 10421 do QOCTS

Questão 10421: <i>Para melhorar a qualidade de vida do país, seria melhor gastar dinheiro em investigação tecnológica EM VEZ DE em investigação científica.</i>	Categoria	Índice atitudinal dos alunos
Frase A: Investir em investigação tecnológica porque melhorará a produção, o crescimento econômico e o emprego. Tudo isto é muito mais importante que qualquer coisa que ofereça a investigação científica.	Ingênua	0,292683
Investir em ambas:		
Frase B: porque não há realmente diferenças entre ciência e tecnologia.	Plausível	-0,135802
Frase C: porque o conhecimento científico é necessário para fazer avanços tecnológicos.	Plausível	-0,487654
Frase D: porque ambas interagem e se complementam entre si, por igual. A ciência leva à tecnologia tanto como a tecnologia leva à ciência.	Adequada	0,626543
Frase E: porque cada uma à sua maneira oferece vantagens à sociedade. Por exemplo, a ciência proporciona avanços médicos e no meio ambiente, enquanto a tecnologia dá maior eficiência e comodidade.	Plausível	-0,395062
Frase F: Investir em investigação científica, isto é, investigação médica ou sobre o meio ambiente, porque estas são mais importantes que fazer melhores aplicações em computadores ou outros produtos da investigação tecnológica.	Ingênua	-0,009375
Frase G: Investir em investigação científica porque melhora a qualidade de vida (por exemplo, curas médicas, respostas a problemas de contaminação e aumento do conhecimento). A investigação tecnológica, por outro lado, piorou a qualidade de vida (por exemplo bombas atômicas, contaminação e automatização).	Ingênua	0,094512
Frase H: Não investir em nenhuma. A qualidade de vida não melhorará com os avanços na ciência e na tecnologia, mas apenas com investimentos noutros sectores da sociedade (por exemplo, bem-estar social, educação, criação de emprego, artes, cultura e ajudas de outros países).	Ingênua	0,710366

229

Fonte: autores

Na terceira coluna do **Quadro 4** foi inserido o índice atitudinal obtido a partir da resposta dos alunos. A frase A — classificada como ingênua pelos especialistas — apresenta um índice atitudinal de 0,292683. Isso sinaliza que os alunos e alunas compreendem com clareza que investir tão somente em pesquisa tecnológica porque melhorará a produção, o crescimento econômico e o emprego, configura-se como uma ideia limitada a respeito das múltiplas e complexas influências existentes na

tríade ciência-tecnologia-sociedade. Considerando esse índice pode-se inferir que os respondentes entendem que é preciso investir também em ciência, uma vez que esta pode vir a gerar novas tecnologias e até melhorá-las.

Já a frase B — considerada como plausível pelos especialistas — obteve índice atitudinal de -0,135802, o que significa que os estudantes apresentam uma visão limitada a respeito da distinção existente entre ciência e tecnologia. Esse resultado demonstra que os alunos e alunas concebem que ciência e tecnologia são a mesma coisa e por isso ou se investe em ciência ou se investe em tecnologia. No entanto, sabe-se que ambas devem receber verbas, sejam estas da iniciativa privada ou pública, até porque mais ciência pode levar a mais tecnologia e vice-versa.

Relativamente à frase C — considerada plausível pelos especialistas —, nota-se que os estudantes apresentaram uma concepção desfavorável (-0,487654) no que se refere à interdependência/qualidade de vida em CTS. Com este resultado pondera-se que os respondentes acreditam que não se deve investir em ciência e tecnologia para melhorar a qualidade de vida de um país. É possível também inferir que eles apresentam a compreensão de que o conhecimento científico não é necessário para fazer avanços tecnológicos. Sabe-se que esta frase é considerada plausível porque o conhecimento científico é necessário, mas não suficiente para haver avanços tecnológicos, pois este também demanda recursos financeiros. Não basta o conhecimento científico. No entanto, o índice atitudinal permite concluir que os estudantes não julgam que seja tampouco necessário.

230

No que tange à frase D — considerada adequada pelos especialistas — o índice 0,626543 indica que os estudantes tiveram uma atitude muito favorável. Esse índice atitudinal insinua que os estudantes creem que a ciência e a tecnologia interagem e se complementam entre si, por igual; que a ciência leva à tecnologia tanto como a tecnologia leva à ciência, demonstrando uma concepção bastante madura atinente à tríade CTS e suas inter-relações mútuas e intensas.

Já o índice atitudinal negativo de -0,395062 na frase E — considerada plausível pelos especialistas — sinaliza que os estudantes mantêm a concepção de que a ciência e a tecnologia, cada uma à sua maneira, sempre oferecem vantagens à sociedade, o que não é verdade como se pode observar no caso do uso desregrado dos agrotóxicos, por exemplo.

Na frase F — considerada ingênua — o índice atitudinal de -0,009375, sinaliza não ser relevante investir em ciência e tecnologia. O índice atingido mostra que os estudantes acreditam que pesquisas científicas, como a investigação médica ou sobre o meio ambiente, são mais importantes do que fazer melhores aplicações em computadores ou outros equipamentos da investigação tecnológica.

O índice atitudinal dos estudantes na frase G — também considerada ingênua — permite concluir que há uma crença limitada relativamente à interdependência/qualidade de vida relacionadas à ciência e a tecnologia. O índice de 0,094512 demonstra que os estudantes consideram que a investigação científica deve ser

priorizada em detrimento da investigação tecnológica porque traz mais melhorias para a qualidade de vida.

Já a frase H — considerada ingênua pelos especialistas — foi a que apresentou o maior índice atitudinal da questão: 0,710366. Este resultado insinua que os alunos e as alunas compreendem bem que a ciência e a tecnologia merecem investimentos para a melhoria da qualidade de vida, tanto quanto outros setores da sociedade, como a educação e a cultura, por exemplo.

É necessário notar que, no que se refere à coerência interna entre as respostas dadas pelos alunos à questão 10421, embora eles tenham demonstrado uma atitude favorável para as frases A, D, H — todas com valores acima de 0,25 —, nas frases B, C, E, F e G os estudantes apresentaram uma crença limitada. De outra forma, pode-se concluir que os resultados insinuem que os alunos possuem uma compreensão um tanto contraditória quanto à questão de se investir ou não em ciência e tecnologia. Ora eles endentem que é relevante e necessário os investimentos em ambas, atitude demonstrada claramente nos índices das frases A, D, H, ora concebem que somente uma ou outra merece receber investimentos, como observado nos índices atitudinais das frases B, C, E, F e G, criando, assim, uma contradição. Isso pode ser um indicativo de que ainda não possuem uma ideia clara da importância de se investir em ambas.

Cabe realçar que uma média considerada razoável de 0,25 é válida tanto para os índices atitudinais de cada frase quanto para a média global. Abaixo deste valor as pontuações são consideradas irrelevantes, ainda que poderiam ter interesse para outros propósitos diagnósticos, como a avaliação pessoal. A média global da questão 10421 apresentou um valor (0.087026) muito menor do que 0,25 e, conseqüentemente, está muito abaixo do que era esperado por parte dos estudantes. O valor verificado é também muito inferior aos detectados em outros estudos (Antonioli *et al.*, 2012; Antonioli, 2012). Este resultado insinua que os estudantes da amostra estudada ainda não concebem bem as ideias que subjazem a interdependência/qualidade de vida relacionadas à ciência e à tecnologia e suas implicações para a sociedade. A seguir faremos a análise da questão 80131.

A questão 80131 faz parte do tema “Construção social da tecnologia”, do subtema “Decisões tecnológicas” e abrange ideias a respeito da adoção de novas tecnologias baseada em vantagens para a sociedade. Essa questão faz parte do questionário FI e possui cinco frases, sendo uma frase ingênua (A), uma plausível (C) e três frases adequadas (B, D e E).

Quadro 5. Questão 80131 do QOCTS

Questão 80131: <i>Quando se desenvolve uma nova tecnologia (por exemplo, um computador novo, um reator nuclear, um míssil ou um medicamento novo para curar o câncer), esta pode ser posta em prática ou não. A decisão de usar a nova tecnologia depende de as vantagens para a sociedade compensarem as desvantagens.</i>	Categoria	Índice atitudinal dos alunos
Frase A: A decisão de usar uma nova tecnologia depende principalmente dos benefícios para a sociedade, porque se há demasiadas desvantagens, a sociedade não a aceitará e esta pode travar o seu desenvolvimento posterior.	Ingênua	-0,382716
Frase B: A decisão depende de algo mais do que só as vantagens ou desvantagens da tecnologia. Depende do bom funcionamento, do seu custo e da sua eficiência.	Adequada	0,493827
Frase C: Depende do ponto de vista que se tenha. O que é uma vantagem para uns pode ser uma desvantagem para outros.	Plausível	-0,189024
Frase D: Muitas tecnologias novas puseram-se em funcionamento para ganhar dinheiro ou alcançar poder, ainda que as suas desvantagens fossem maiores que as suas vantagens.	Adequada	0,564024
Frase E: Depende do tipo de nova tecnologia de que se trate. Nuns casos, a decisão dependerá das vantagens ou das desvantagens, e noutros casos, dependerá de outras coisas.	Adequada	0,345679

232

Fonte: autores

O índice atitudinal da frase A — ingênua — foi de -0,382716. Isso demonstra claramente que os alunos e as alunas apresentam uma concepção ainda ingênua quanto ao uso de determinada tecnologia, julgando que esta depende exclusivamente dos benefícios que trará para a sociedade, desconsiderando outros motivos, como os políticos e econômicos.

No que se refere à frase B — adequada — o índice atitudinal foi de 0,493827, o que sinaliza que os estudantes possuem uma compreensão favorável sobre a ideia de que a decisão de se adotar esta ou aquela tecnologia depende de algo mais do que só as vantagens ou desvantagens que ela apresenta. Esse algo mais pode ser entendido como interesses comerciais, por exemplo.

A respeito da frase C — que é categorizada como plausível pelos especialistas e teve índice atitudinal de -0,189024 — é possível depreender que os estudantes acreditam que a adoção de uma tecnologia pode estar estritamente relacionada com suas vantagens e desvantagens para as pessoas, desconsiderando outros interesses, como os religiosos, políticos e econômicos.

A frase D — considerada adequada pelos especialistas — apresenta um índice atitudinal de 0,564024. Isso demonstra que as alunas e os alunos possuem uma ideia bastante clara quanto à noção de que muitas tecnologias novas puseram-se em funcionamento para ganhar dinheiro ou para alcançar poder, ainda que as suas desvantagens fossem maiores que as suas vantagens.

No que diz respeito à frase E — considerada adequada — o índice atitudinal de 0,345679 indica que os estudantes concordam com a noção de que a adoção de uma nova tecnologia depende do tipo de tecnologia de que se trate, relativamente a suas vantagens e desvantagens, mas também de outras coisas, como por exemplo, custo-benefício e interesses de um dado grupo da sociedade.

Analisando a coerência interna das respostas dos estudantes às frases da questão 80131, percebe-se também que há certa inconsistência, uma vez que, não obstante os alunos e as alunas tenham compreendido que existe algo além da simples relação entre vantagens e desvantagens para a adoção de uma nova tecnologia, o que pode ser percebido nas frases D e E nas quais os estudantes demonstraram atitudes favoráveis — todas superiores a 0,25 —, o mesmo não ocorreu nas frases A, B e C, que levam em consideração estritamente as possíveis vantagens e desvantagens para a sociedade. Isto pode indicar que os estudantes ainda não apresentam uma ideia madura e clara quanto à adoção de uma nova tecnologia. De outra maneira, os alunos não apresentam a compreensão de que existem múltiplos fatores que influenciam a adoção de uma nova tecnologia, como fatores políticos, econômicos e religiosos. Isso é reforçado pela média global da questão 80131 que, apesar de ter sido positiva (0.166358), ainda está muito abaixo do que os especialistas entendem como razoável, i.e., de 0,25.

233

O resultado das questões analisadas anteriormente, convida a pensar nas ponderações de Acevedo-Díaz, Vázquez e Manassero (2003), citados por Bispo-Filho *et al.* (2013), quando asseveram que a proposta educativa para o século XXI deve abarcar questões relacionadas à CTS em todos os campos do conhecimento, particularmente no ensino de ciências, no qual a alfabetização científica e tecnológica (AC&T) apresenta-se como um objetivo a ser alcançado, incluindo a compreensão de que a ciência, enquanto produção humana, está presente na vida de todos os cidadãos e cidadãs.

No entanto, é sabido que fatores de classe defendidos por Lederman e Zeidler (1987), que podem ser definidos como atitudes tomadas pelos professores e professoras em sala de aula são responsáveis pela construção de conhecimentos relacionados à apreensão da NdC&T. Contudo,

“... a necessidade de favorecer, junto aos professores, discussões relacionadas à Educação CTS e à Interdisciplinaridade para a prática efetiva no contexto escolar. Em outras palavras, foi possível perceber a necessidade de ações formativas centradas em reflexões sobre a prática pedagógica, associadas à elaboração e desenvolvimento de propostas de ensino. Nesse sentido,

devem receber destaque programas que incentivam a integração universidade-escola, na perspectiva da construção de um processo colaborativo” (Fernandes e Strieder, 2017, p. 8).

Aqui alinham-se nossas ideias com as das autoras quando asseveram que é preciso um planejamento coletivo para o desenvolvimento de propostas CTS/ Interdisciplinares no ensino médio e que os momentos de coordenação pedagógica e a participação do coordenador são fundamentais nessa equação. A necessidade de um diálogo contínuo entre os professores, de organização e otimização do tempo de coordenação, e momentos de estudo e discussão nos espaços escolares são apontados como desafios para implementação de práticas educativas de cariz CTS (Fernandes e Strieder, 2017).

Entretanto, acredita-se que uma das formas de se viabilizar a melhora das compreensões CTS de estudantes é através dessas atividades, uma vez que elas promovem — por meio de leituras e discussões de textos, júris simulados, mostras de filmes que tratem de temas controversos, etc. — o pensamento crítico diante de temáticas que envolvem decisões relacionadas à ciência e a tecnologia e seus desdobramentos sobre a sociedade; possibilitam aos estudantes e às estudantes opinarem de maneira embasada mediante processos decisórios no âmbito de debates que abarcam a tríade CTS (Schepper, 2014).

4. Algumas considerações

O presente estudo teve como objetivo ampliar o repertório de conhecimentos acerca das compreensões de caráter CTS que os estudantes adquirem ao longo da educação básica. Mais especificamente, este artigo propôs-se a responder aos seguintes questionamentos: Que compreensões sobre a possibilidade de investimentos em ciência e tecnologia os estudantes adquiriram na educação básica? Que concepções os estudantes da educação básica adquiriram a respeito da adição de uma nova tecnologia?

Para responder ao primeiro questionamento, foi utilizada a questão 10421 da forma FII do QOCTS. Essa questão trata do investimento em ciência e tecnologia como forma de melhorar a qualidade de vida de um país. Os resultados dos estudantes que responderam a questão sinalizam que eles ainda apresentam uma visão limitada no que diz respeito a possibilidade de se investir em ciência e tecnologia, pois demonstraram a crença de que o dinheiro destinado a melhora da qualidade de vida deve ser investido ou em pesquisa científica ou em pesquisa tecnológica, não concebendo que ambas merecem igual atenção. Esse resultado traz certa apreensão, uma vez que cada cidadão e cada cidadã têm o direito de opinar sobre a agenda de pesquisa, seja ela científica ou tecnológica, de seu país, pois certamente isso influenciará na qualidade de vida da sociedade na qual este cidadão se encontra.

No que concerne ao segundo questionamento, lançou-se mão da questão 80131 da forma FI do QOCTS para respondê-lo. Essa questão oferece como pano de fundo a noção relacionada à possibilidade às vantagens e desvantagens de se adotar uma

nova tecnologia. Os resultados dos índices atitudinais dos alunos e alunas insinuam que eles não apresentam uma visão clara quanto aos fatores que influem na adoção ou não de uma nova tecnologia. Das respostas dos alunos, infere-se que para eles a decisão de se adotar uma nova tecnologia está vinculada a somente vantagens financeiras para a sociedade, excluindo-se os possíveis interesses políticos, religiosos, entre outros. De outra forma, a palavra final pode não ser da sociedade em geral, mas de uma minoria que detém o poder, como esclarece Antonioli (2012). Esse resultado também é preocupante, uma vez que é de extrema importância que o cidadão e a cidadã saibam opinar de modo fundamentado sobre processos que envolvem a adoção desta ou daquela tecnologia e sua influência sobre a sociedade na qual estão inseridos.

Como fora comentado na análise, os resultados apresentados indicam que os estudantes ainda não demonstram uma compreensão madura e clara a respeito da interdependência/qualidade de vida que uma nova tecnologia pode trazer para um país. Os resultados dos estudantes concorrem para a ideia de que investir desde cedo em práticas educativas que fomentem o pensamento crítico, de forma geral e de modo específico, pode ampliar a capacidade de opinar de modo informado sobre processos decisórios que envolvem ciência e tecnologia e suas implicações sobre a sociedade. Tais práticas educativas poderiam envolver a leitura, interpretação e discussão de textos que tratem de temas controversos; júris simulados; mostras de vídeos e reflexão crítica sobre temas tecnocientíficos; controvérsias controladas, entre outros.

Os resultados fazem refletir também sobre a possibilidade de uma formação inicial e continuada que proporcione ao professorado um arcabouço teórico que possa dar ao alunado condições de superar as visões ingênuas sobre a tríade ciência, tecnologia e sociedade e suas inter-relações; superando, mais especificamente, as fragilizadas demonstradas pelos estudantes nas questões aplicadas neste estudo.

235

Acredita-se que a discussão acerca dos aspectos CTS deva ser introduzida no âmbito escolar desde a educação infantil. Dessa forma, o futuro cidadão já começaria a aprender a opinar de maneira fundamentada em processos que envolvam decisões relacionadas à ciência e à tecnologia e suas relações mútuas e estreias com a sociedade desde cedo. Afinal, como os estudantes poderão decidir sobre a possibilidade da adoção de uma nova tecnologia, ou sobre as vantagens e desvantagens de se investir em pesquisa científica e tecnológica sem ter uma noção clara que abarque as compreensões CTS e suas interferências mútuas e intensas?

5. Possibilidades para a melhoria das compressões CTS dos estudantes da educação básica⁴

A educação científica pode contribuir tanto para a formação científica do educando quanto para sua formação cidadã, e um dos caminhos que podem ser trilhados

4. Tópico escrito com base na dissertação de mestrado "Projetos Temáticos e Enfoque CTS na Educação Básica: Caracterização dos Trabalhos Apresentados por Autores Brasileiros, Espanhóis e Portugueses nos Seminários Ibero-americanos de CTS" defendida por um dos autores deste artigo, Rafael Schepper Gonçalves, na Universidade Federal de Itajubá, em 2014.

pelo professor para alcançar tais objetivos dá-se por meio das práticas educativas embasadas na abordagem de temas controversos. Importante destacar que os temas abordados neste artigo estão alinhados com os critérios de Ramsey (1993): i) se é, em realidade, um problema de caráter controverso; ii) se o tema possui significado social; e iii) se o tema, de uma forma ou de outra, relaciona-se com ciência e tecnologia. A título de exemplos desses temas, temos: o aquecimento global, a automedicação, o consumo sustentável, etc.

Partindo destas ponderações, entendemos que seja relevante para a área da didática das ciências investigar as diferentes compreensões dos profissionais dessa área sobre as características teóricas e metodológicas das práticas educativas relacionadas ao enfoque CTS, mais especificamente aquelas que estejam explicitamente relacionadas à abordagem de temas direcionados para a educação básica.

Colocando-se novamente em voga a questão de formarmos cidadãos capazes de se posicionarem de maneira fundamentada diante de processos decisórios, entendemos que uma das formas de fazê-lo é por meio da promoção de situações educacionais nas quais o estudante precise desenvolver atitudes e competências para que tenha condições de decidir sobre as adversidades que o circundam e que o influenciarão positiva ou negativamente. Uma das maneiras de inserir o estudante nessa visão educacional é organizando o trabalho educativo por meio da abordagem de temas controversos, visão esta que caminha juntamente com as práticas educativas com ênfase CTS.

236 É relevante frisar que a abordagem de temas constitui-se numa perspectiva curricular “cuja lógica de organização é estruturada com base em temas, com os quais são selecionados os conteúdos de ensino das disciplinas. Nessa abordagem, a conceituação científica da programação é subordinada ao tema” (Delizoicov, Angotti e Pernambuco, 2002, p. 189).

De outra maneira, a abordagem de temas preocupa-se com a apreensão dos conhecimentos e seu uso, além de sua aproximação com fenômenos associados a situações vivenciadas pelos estudantes (Delizoicov e Angotti, 1991). O ensino por meio de temas busca superar o ensino propedêutico. Nessa perspectiva, para ultrapassar a concepção propedêutica é necessário aprender de forma participativa: “O aprender ocorre no processo de busca de respostas para situações existenciais, na ressignificação da experiência vivida, o que vai ao encontro dos pressupostos do movimento Ciência-Tecnologia-Sociedade” (Santos e Hunsche, 2012, p. 299). Neste aspecto, concordamos com Santos (1992) quando pondera que “a inclusão dos temas sociais é recomendada [...] sendo justificada pelo fato de eles evidenciarem as inter-relações entre os aspectos da ciência, tecnologia e sociedade e propiciarem condições para o desenvolvimento nos alunos de atitudes de tomada de decisão” (Santos, 1992, p. 139).

As discussões científicas a partir da problematização temática são fundamentais para evidenciar o poder de influência que os educandos podem ter como cidadãos, bem como as questões éticas e os valores humanos vinculados à ciência e à tecnologia. Desse modo, os alunos podem ser estimulados a participar de forma democrática na sociedade por meio da expressão de suas opiniões (Santos; Mortimer, 2000).

Santos e Mortimer (2000) destacam também que o estudo de temas

“... permite a introdução de problemas sociais a serem discutidos pelos alunos, propiciando o desenvolvimento da capacidade de tomada de decisão. Para isso, a abordagem dos temas é feita por meio da introdução de problemas, cujas possíveis soluções são propostas em sala de aula após a discussão de diversas alternativas, surgidas a partir do estudo do conteúdo científico, de suas aplicações tecnológicas e consequências sociais” (Santos e Mortimer, 2000, p. 13).

Para problematizar e, assim, viabilizar uma análise concernente à abordagem de temas de relevância social alguns questionamentos são levantados como: “Contudo, qual a natureza desses temas?” ou, “o que é um tema de relevância social?”, “Quem define o que é relevância social?” “Freire, ao postular a utilização de temas geradores, está falando sobre a mesma coisa que os defensores do enfoque CTS?” (Auler, 2007).

O autor, ao examinar essas questões, aporta-se em duas fontes bibliográficas, referentes a desdobramentos do enfoque CTS. Em seus estudos, o autor analisou os anais do III Seminário Ibérico CTS no Ensino das Ciências ocorrido em Portugal, em 2004 e também do IV Seminario Ibérico CTS en la Enseñanza de las Ciencias ocorrido na Espanha, em 2006, cujos resultados foram apresentados por Auler, Dalmolin e Fenalti (2007). A segunda fonte bibliográfica, também objeto de sua análise, foi a do Grupo Argo⁵ de Renovação Educativa. Os materiais elaborados por esse grupo constituem-se de dez livros, cada qual enfatizando um tema controverso, englobando a problemática vinculada ao desenvolvimento científico-tecnológico. Refere-se a problemas abertos, os quais a decisão refletirá sobre a sociedade.

237

Esses materiais, conforme Auler (2007), abarcam informações e argumentos a favor de distintas posições e sua exposição das atividades de caráter didático. Por fim, a controvérsia será solucionada com a tomada de decisão para o problema situado, procurando-se o maior consenso entre as diferentes visões, admitindo-se a proposta que tenha sido defendida com os argumentos mais plausíveis. Nas palavras de Auler (2007),

“... busca-se, com essa dinâmica, criar, em aula, cenários democráticos propícios para fomentar a participação pública. Metodologicamente parte-se de um problema aberto, passando pela busca de conhecimentos sobre as várias dimensões deste, culminando com uma tomada de decisão. Trata-se de problemas abertos, cuja decisão terá importantes consequências sociais. Para

5. O Grupo Argo (<http://www.grupoargo.org>) situa-se nas iniciativas de um grupo de professores e professoras de filosofia de Astúrias que tem como objetivo refletir sobre o papel da filosofia na educação e promover mudanças em nossas práticas de educação filosófica, constituindo-se, portanto, em reflexões teóricas e transformações práticas.

que o caso permita uma efetiva participação dos alunos na sua resolução, trabalha-se, como ponto de partida, com uma notícia simulada, reproduzida em jornal local, permitindo a participação de vários atores sociais (representados por grupos de alunos) com posturas, interesses e valores distintos. A situação simulada deve permitir analogias com problemas reais” (Auler, 2007, p. 3).

Segundo o autor, foram selecionadas essas duas fontes julgando-se que, de um lado, os anais apresentam uma síntese da produção dos países ibero-americanos e, de outro, que o Grupo Argo possui uma repercussão significativa tanto na Espanha quanto em países da América Latina.

Quanto ao Grupo Argo, cabe ter presente que os materiais confeccionados consistem em exemplares, suscetíveis de adaptação para contextos específicos. Em outras palavras, os dez problemas abarcam temas gerais vinculados ao progresso científico-tecnológico, permitindo ao docente, ajustá-lo, por meio de notícias simuladas, apresentadas em jornais locais, a contextos específicos.

Tal pesquisa também sugere que nos casos simulados do Grupo Argo realmente abandona-se a noção de um currículo definido a priori. A princípio (Auler, 2007), o aspecto geral curricular consiste na definição do tema controverso. A análise dos diferentes posicionamentos, a produção escrita e argumentada em torno destas está orientada por documentos de apoio, fundamentalmente em pesquisa bibliográfica. Da mesma forma, existe uma clara escolha de conteúdos disciplinares em função de temas nos artigos vinculados aos relatos de práticas. Esses conteúdos são trabalhados sob o ponto de vista da compreensão dos temas geradores. O fio condutor da organização curricular são os temas, em vez da lógica endógena da ciência, sendo que a mesma não é descartada.

238

Quando da proposição dos temas do Grupo Argo, a dimensão interdisciplinar põe-se em relevo. Conforme os próprios idealizadores, os materiais têm uma configuração/ organização didática efetivamente de caráter interdisciplinar. Nas palavras de Auler, “rompem-se as fronteiras entre as assim chamadas ciências humanas e naturais. Não há privilégio de uma em detrimento de outra” (2007, p. 7). No que diz respeito aos relatos de práticas nota-se a conexão indissociável existente entre temas geradores e interdisciplinaridade, isto é, a seleção de conteúdos disciplinares é função dos temas geradores, para o estudo, o entendimento e o confronto dos problemas e dos dilemas vividos pela comunidade em geral. No entender de Auler (2007), os campos disciplinares interagem, são articulados e relacionam-se em torno dos temas. Para tanto, o trabalho coletivo referente ao ambiente escolar é essencial.

Sobre os trabalhos direcionados pelos pressupostos freireanos, assim como no encaminhamento do Grupo Argo, a gama de disciplinas relacionadas não se encontra limitada a uma área do conhecimento, encaminhando-se para um ultrapassar da clássica visão entre ciências humanas e ciências exatas, da clássica divisão entre duas culturas (Auler, 2007). Sendo assim, o autor afirma que

“... a abordagem temática remete à interdisciplinaridade, considerando que a complexidade dos temas requer a análise sob vários olhares disciplinares articulados em torno de um tema constituído de um problema aberto, sendo os problemas ambientais representantes típicos. Supera-se, assim, uma compreensão de interdisciplinaridade, bastante problemática, que se limita a buscar interfaces entre as disciplinas constituintes dos currículos tradicionais das escolas” (Auler, 2007, p. 7).

Além da abordagem de temas e da interdisciplinaridade, uma terceira dimensão, selecionada entre as repercussões CTS, é a democratização dos processos decisórios. A procura da democratização de processos de tomada de decisão, analisam García *et al.* (1996), é uma dimensão também assumida majoritariamente pelos encaminhamentos atrelados ao enfoque CTS.

Uma outra alternativa que merece a nossa atenção pelo mesmo viés da melhora das concepções CTS de estudantes da educação básica encontra-se nas linhas que se seguem e sinalizam serem viáveis no que tange à sua consecução em sala de aula.

5.1. CTS como enxertos curriculares

Nessa modalidade, a primeira opção consiste em completar o currículo tradicional com uma matéria CTS pura, sob a forma de disciplina optativa ou obrigatória. Trata-se, então, de introduzir o estudante nos problemas sociais, ambientais, éticos e culturais, planteados pela ciência e pela tecnologia. Ao conceber CTS como disciplina, e especialmente quando constitui uma matéria comum para estudantes de diversas especialidades, tendem a predominar nela os conteúdos não técnicos. É, portanto, uma opção docente para professores de humanidades e ciências sociais, que tenderão a enfatizar os aspectos filosóficos, históricos e sociológicos das relações ciência-sociedade.

239

O tipo de material docente para essa modalidade da educação CTS pode ser a adoção de um manual, com ou sem guia didático, ou ainda, estruturar-se modularmente a partir de unidades curtas CTS que proporcionem uma maior flexibilidade ao professorado (e podem, além disso, serem usadas em outras modalidades de educação).

Este último é o caso clássico das unidades britânicas *SISCON in Schools*, que constituem uma adaptação ao ensino médio das unidades *SISCON (Science in Social Context — Ciência no Contexto Social)* desenvolvidas para o nível superior. Essas unidades abordam temas clássicos relacionados com a interação ciência-tecnologia-sociedade, como, por exemplo, a imagem pública da ciência, a bomba atômica, os problemas da superpopulação ou a destruição de recursos não renováveis, a neutralidade da ciência, a revolução copernicana, a avaliação de tecnologias, as repercussões sociais da biologia e a dimensão econômica do desenvolvimento científico-tecnológico (Gordillo *et al.*, 2009).

Segundo esses autores, o procedimento habitual dessa perspectiva é reorientar estudos de base disciplinar em humanidades e ciências sociais para os aspectos

sociais da ciência e da tecnologia. Com respeito às vantagens dessa opção educativa, destaca-se a facilidade para incluir conteúdos CTS da tradição europeia por trás de uma necessária capacitação do professorado (possibilidade que, por exemplo, oferecem as unidades SISCON), além da mudança curricular não custosa. Outra questão é o tema de formação do professorado, que pode requerer um esforço importante. O principal risco dessa modalidade é a dissonância curricular entre materiais: a concepção geral e os conteúdos de ciência e tecnologia referentes às disciplinas tradicionais comunicados por professores e professoras com pontos de vista tradicionais.

5.2. CTS como acréscimo de materiais

A segunda possibilidade consiste em completar os temas tradicionais do ensino de ciências particulares com acréscimos CTS ao final dos temários correspondentes, ou intercalando, de outro modo, os conteúdos CTS. Com esse formato curricular para CTS tenderão logicamente a predominar os conteúdos técnicos e, portanto, a docência estará restringida aos professores e às professoras de ciências. No entender de Gordillo *et al.* (2009), o tipo de material docente apropriado para essa modalidade educativa é o das unidades curtas CTS, as quais costumam acompanhar um guia para o professor.

Nessa perspectiva, destacam-se projetos como “Ciência através da Europa”, uma iniciativa para a difusão educativa CTS mediante a colaboração de escolas europeias (que tem sido imitada nos Estados Unidos e no Pacífico Asiático), e, especialmente, a experiência clássica das unidades SATIS (*Science and Technology in Society – Ciência e Tecnologia na Sociedade*), 370 unidades curtas desenvolvidas no Reino Unido por professores de ciências para os grupos de idade de 8-14, 14-16 e 16-19 anos. Alguns exemplos de unidades SATIS 14-16 são: “O que há em nossos alimentos? Um olhar para suas embalagens”; “Beber álcool”; “O uso da radioatividade”; e “Os bebês de profeta”.

Como é possível observar, essas unidades recorrem a temáticas muito variadas com um ponto comum: o estudo de processos ou de artefatos científico-tecnológicos com repercussão social. É importante ressaltar nessa iniciativa a ausência de *copyright* que poderia facilitar a difusão dos materiais.

O objetivo geral dessa modalidade educativa é conscientizar os estudantes sobre as consequências sociais e ambientais da ciência e da tecnologia. Sua vantagem mais chamativa é que torna mais interessante os temas puramente científicos e, por isso, proporciona um estímulo importante para o estudo da ciência e a formação de vocações. Outra vantagem é que o câmbio curricular não é custoso, ainda que menos simples que na opção anterior. Ademais, dado que tendem a excluírem-se conteúdos CTS da tradição europeia e que costumam predominar os conteúdos técnicos, não requer uma capacitação CTS especial por parte do professorado. O risco óbvio é a omissão dos conteúdos específicos ou a conversão destes em um acréscimo decorativo.

5.3. Ciência e tecnologia por meio do enfoque CTS

Uma terceira e mais infrequente opção consiste em reconstruir os conteúdos do ensino da ciência e da tecnologia por meio de uma ótica CTS. Em disciplinas mais isoladas, ou mais por meio de cursos científicos multidisciplinares, fundem-se os conteúdos técnicos e CTS de acordo com a exposição e discussão de problemas sociais dados. É, portanto, uma modalidade para o professorado de ciências. O formato padrão da apresentação de conteúdos nessa opção é, em primeiro lugar, tomar um problema importante relacionado com papéis futuros de estudantes (cidadão, profissional e consumidor) e, em segundo lugar, sobre dita base seleciona-se e se estrutura o conhecimento científico-tecnológico necessário para que o estudante possa entender um artefato, tomar uma decisão ou entender um problema social relacionado com a ciência e a tecnologia.

Pode tomar-se como exemplo no âmbito da química o projeto APQUA (Aprendizagem de Produtos Químicos, seus usos e aplicações), desenvolvido por professores da universidade espanhola Rovira i Virgili em coordenação com um projeto análogo da Universidade da Califórnia. Está organizado mediante unidades e módulos. Um exemplo é “O risco e a gestão dos produtos químicos”, composto pelos módulos “Risco: o jogo da vida”, “Toxicologia” e “Tratamento de resíduos industriais”. O projeto, que conseguiu certa difusão em centros educativos espanhóis, trata de proporcionar conteúdos científicos e habilidades em resolução de problemas para que os estudantes desenvolvam compreensão crítica sobre temas científicos.

O objetivo geral dessa opção educativa é capacitar o estudante no uso e compreensão de conceitos científicos que explicam a utilidade e a problemática social que pode ter, por exemplo, uma parte da física e da química. A vantagem mais clara dessa opção é sua facilidade para suscitar interesse no estudante pela ciência, facilitando a aprendizagem desta. Desse modo, os alunos com problemas em disciplinas de ciências têm mais facilidades educativas. Além disso, a aludida opção promove a consciência social nos estudantes e fomenta o sentido de responsabilidade. Mas também essa terceira alternativa é a mais custosa em muitos sentidos. Destaca-se que em suas modalidades de implantação mais globais, suporia pôr o currículo de “cabeça para baixo”, transgredindo a docência compartimentalizada mediante as tradicionais fronteiras disciplinares. Ademais, requeria um considerável esforço empreendido quando do processo de aprimoramento profissional do professorado e reformas no planejamento didático (Gordillo *et al.*, 2009).

Existem, assim, três modalidades gerais de implantação da educação CTS na educação básica, modalidades não excludentes, como mostra o caso espanhol. Cada uma delas contém diferentes tipos de materiais docentes, distintas necessidades de formação do professorado e, em geral, diferentes vantagens e inconvenientes.

Financiamento

Este trabalho foi possível graças ao subsídio do Proyecto de investigación SEJ2007-67090/EDUC financiado pelo Concurso de Apoio a Projectos de I&D 2007 do Ministério da Educação e Ciência de Espanha e com o apoio da Organização dos Estados Ibero-Americanos (OEI).

Referências bibliográficas

Acevedo-Díaz, J. A., Vázquez, Á. A. e Manassero, M. A. (2003). Papel de la educación CTS en una alfabetización científica y tecnológica para todas las personas. *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias*, 2(2), 80-111. Recuperado de: http://reec.uvigo.es/volumenes/volumen2/REEC_2_2_1.pdf.

Aikenhead, G., Ryan, A. S. e Fleming, R. W. (1989). *Views on science-technology-society* (form CDN. mc. 5). Saskatoon: University of Saskatchewan. Recuperado de: <http://umdberg.pbworks.com/w/file/etch/38495879/vosts.pdf>.

Antonioli, P. M. (2012). *Atitudes, valores e crenças de alunos do Ensino Médio em relação à Ciência e Tecnologia*, (Dissertação de mestrado). Rio de Janeiro: Centro Federal de Educação Tecnológica. Recuperado de: <http://dippg.cefet-rj.br/ppcte/index.php/en/teses-e-dissertacoes>.

Antonioli, P. M., Chrispino, A., Vázquez, Á. A. e Manassero, M. A. (2012). Avaliação das atitudes das duas culturas em relação à aprendizagem da ciência. *Revista Iberoamericana de Educación*, 58, 151-166. Recuperado de: <https://rieoei.org/historico/documentos/rie58a08.pdf>.

Auler, D., Dalmolin, A. M. T. e Fenalti, V. S. (2007). Abordagem temática: temas em Freire e no enfoque CTS, em Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências, Florianópolis. Recuperado de: http://abrapecnet.org.br/atas_enpec/vienpec/index.html.

Auler, D. (2007). Enfoque Ciência-Tecnologia-Sociedade: pressupostos para o contexto brasileiro. *Ciência & Ensino*, 1, 1-20. Recuperado de: <http://143.0.234.106:3537/ojs/index.php/cienciaeensino/issue/view/15>.

Bennàssar-Roig, A. A., Vázquez, A., Manassero, M. A. e García-Carmona, A. (2011). *Ciencia, Tecnología y Sociedad en Iberoamérica*, 5. Madrid: OEI. Recuperado de: <http://iberenciaoei.org/documentos.php>.

Bispo-Filho, D. O., Maciel, M. D., Sepini, R. P. e Vázquez, Á. A. (2013). Alfabetização científica sob o enfoque da ciência, tecnologia e sociedade: implicações para a formação inicial e continuada de professores. *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias*, 12(2), 313-333. Recuperado de: http://reec.uvigo.es/volumenes/volumen12/REEC_12_2_5_ex649.pdf.

Brasil (1999). Parâmetros Curriculares Nacionais do Ensino Médio: bases legais. Brasília: Ministério da Educação. Recuperado de: <http://portal.mec.gov.br/setec/arquivos/pdf/BasesLegais.pdf>.

Chrispino, A., Silva, M., Melo, T. e Albuquerque, M. (2017). Do resultado da pesquisa às ações de intervenção na prática escolar: a contribuição de um grupo de pesquisa CTS. *Da Investigação às Práticas*, 7(2), 91-115. Recuperado de: <https://ojs.eselx.ipl.pt/index.php/invep/article/view/127>.

Delizoicov, D. e Angotti, J. A. P. (1991). Física. São Paulo: Cortez.

Delizoicov, D., Angotti, J. A. e Pernambuco, M. M. C. A. (2002). Ensino de Ciências: Fundamentos e Métodos. São Paulo: Cortez.

Erduran, S. e Dagher, Z. R. (2014). Reconceptualizing the nature of science for science education, scientific knowledge, practices and other family categories. Dordrecht: Springer.

Fernandes, R. F. e Strieder, R. B. (2017). Dificuldades enfrentadas por professores na implementação de propostas CTS, em Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências, 11, Florianópolis. Recuperado de: <http://abrapecnet.org.br/wordpress/pt/atas-dos-enpecs/>.

García, M. I. G., López Cerezo, J. A. e Luján, J. L. (1996). Ciencia, tecnología y sociedad: una introducción al estudio social de la ciencia y la tecnología. Madrid: Tecnos.

243

Gil-Pérez, D., Montoro, I. F., Carrascosa, J. A., Cachapuz, A. e Praia, J. (2001). Para uma imagem não deformada no ensino de Ciências. *Revista Ciência e Educação*, 7(2), 125-153. Recuperado de: <https://www.fc.unesp.br/#!/ensino/pos-graduacao/programas/educacao-para-a-ciencia/revista-ciencia-e-educacao/edicoes-anteriores1301/2001-v-7-n-2/>.

Julio, A. B. (2010). As Atitudes de Alunos do Ensino Médio em Relação à Ciência, Tecnologia, Sociedade e Ambiente (CTS-A) no Contexto da Produção da Cana de Açúcar e Etanol (Dissertação de mestrado). Piracicaba: Universidade Metodista de Piracicaba. Recuperado de: http://iepapp.unimep.br/biblioteca_digital/pdfs/2006/VQKVIIIXCCGY.pdf.

Lederman, N. G. (1992). Students' and teachers' conceptions of the nature of science: a review of the research. *Journal of Research in Science Teaching*, 29, 331-359. Recuperado de: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1002/tea.3660290404>.

Lederman, N. G. e Zeidler, D. (1987). Science teachers' conceptions of the nature of science: do they really influence teaching behavior?. *Science Education*, 71(5), 721-734. Recuperado de: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1002/sce.3730710509>.

Maciel, M. D., Bispo-Filho, D. O., Colussi, F. E., Ribeiro, J. C., Guazzelli, I. R. B. e Vázquez, Á. A. (2009). Actitudes CTS de los estudiantes brasileños medios y

universitarios en formación para docencia. Enseñanza de las ciencias: revista de investigación y experiencias didácticas, número extra, 1837-1842. Recuperado de: <https://www.raco.cat/index.php/Ensenanza/article/view/294123>.

Manassero, A., Vázquez, Á. A., Acevedo, J. A. e Paixão, M. F. (2012). Cuestionario CTS – PIEARCTS. Recuperado de <http://www.oei.es/COCTS/por/index.html> .

Manassero-Mas, M. A. e Vázquez, Á. A. (2019). Conceptualización y taxonomía para estructurar los conocimientos acerca de la ciencia. Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias, 16(3), 3104. Recuperado de: <https://revistas.uca.es/index.php/eureka/article/view/4803>.

Martín Gordillo, M., Tedesco, J. C., López Cerezo, J. A., Acevedo-Díaz, J. A., Echeverría, J. e Osorio, C. (2009). Educación, Ciencia, Tecnología y Sociedad. Madrid: OEI. Recuperado de: <https://dds.cepal.org/redesoc/publicacion?id=898>.

Ramsey, J. (1993). The science education reform movement: implications for social responsibility. Science Education, 77(2), 235-258. Recuperado de: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1002/sce.3730770210>.

Santos, R. A. e Hunsche, S. (2012). Abordagem temática: Alguns resultados de implementações. Travessias, 6(1), 295-312. Recuperado de: <http://e-revista.unioeste.br/index.php/travessias/article/view/6182>.

244

Santos, W. L. P. (1992). O Ensino de Química para Formar o Cidadão: principais características e condições para a sua Implantação na Escola Secundária Brasileira (Dissertação de mestrado). Campinas: Unicamp. Recuperado de: <http://repositorio.unicamp.br/jspui/handle/REPOSIP/253086>.

Santos, W. L. P. e Mortimer, E. F. (2000). O Ensino de C-T-S (Ciência, Tecnologia e Sociedade) no Contexto da Educação Brasileira. Ensaio – Pesquisa em Educação em Ciências, 2(2), 1-23. Recuperado de: <https://periodicos.ufmg.br/index.php/ensaio/issue/view/532>.

Sasseron, L. H. e Carvalho, A. M. P. (2011). Alfabetização Científica: uma revisão bibliográfica. Revista Investigações em Ensino de Ciências, 16(1), 59-77. Recuperado de: <https://www.if.ufrgs.br/cref/ojs/index.php/ienci/article/view/246>.

Schepper, R. (2014). Projetos Temáticos e Enfoque CTS na Educação Básica: caracterização dos trabalhos apresentados por autores brasileiros, espanhóis e portugueses nos Seminários Ibero-americanos de CTS (Dissertação de mestrado). Itajubá: Universidade Federal de Itajubá. Recuperado de: <https://repositorio.unifei.edu.br/xmlui/handle/123456789/776>.

Vázquez, Á. A., Acevedo-Díaz, J. A., Manassero, M. A. e Romero, P. A. (2006). Actitudes del alumnado sobre Ciencia, Tecnología y Sociedad, evaluadas con un modelo de respuesta múltiple. Revista Electrónica de Investigación Educativa, 8(2), 1-37. Recuperado de: <https://redie.uabc.mx/redie/article/view/145>.

Como citar este artigo

Schepper Gonçalves, R., Dias Menezes, P. H., Batista dos Santos, A., Vázquez-Alonso, A. e, Miranda Filho, W. dos R. (2021). Concepções de estudantes do ensino médio sobre as relações de interdependência e qualidade de vida relativas à ciência e à tecnologia. *Revista Iberoamericana de Ciencia, Tecnología y Sociedad –CTS*, 16(46), 219-246.

Apêndice

10421. Para melhorar a qualidade de vida do país, seria melhor gastar dinheiro em investigação tecnológica *em vez de* em investigação científica

___ A. Investir em investigação tecnológica porque melhorará a produção, o crescimento económico e o emprego. Tudo isto é muito mais importante que qualquer coisa que ofereça a investigação científica.

Investir em ambas:

___ B. porque não há realmente diferenças entre ciência e tecnologia.

___ C. porque o conhecimento científico é necessário para fazer avanços tecnológicos.

___ D. porque ambas interagem e se complementam entre si, por igual. A ciência leva à tecnologia tanto como a tecnologia leva à ciência.

___ E. porque cada uma à sua maneira oferece vantagens à sociedade. Por exemplo, a ciência proporciona avanços médicos e no meio ambiente, enquanto a tecnologia dá maior eficiência e comodidade.

___ F. Investir em investigação científica, isto é, investigação médica ou sobre o meio ambiente, porque estas são mais importantes que fazer melhores aplicações, computadores ou outros produtos da investigação tecnológica.

___ G. Investir em investigação científica porque melhora a qualidade de vida (por exemplo, curas médicas, respostas a problemas de contaminação e aumento do conhecimento). A investigação tecnológica, por outro lado, piorou a qualidade de vida (por exemplo bombas atômicas, contaminação e automatização).

___ H. Não investir em nenhuma. A qualidade de vida não melhorará com os avanços na ciência e na tecnologia, mas apenas com investimentos noutros sectores da sociedade (por exemplo, bem-estar social, educação, criação de emprego, artes, cultura e ajudas de outros países).

80131. Quando se desenvolve uma nova tecnologia (por exemplo, um computador novo, um reactor nuclear, um míssil ou um medicamento novo para curar o cancro), pode ser posta em prática ou não. A decisão de usar a nova tecnologia depende de as vantagens para a sociedade compensarem a desvantagens.

___ A. A decisão de usar uma nova tecnologia depende principalmente dos benefícios para a sociedade, porque se há demasiadas desvantagens, a sociedade não a aceitará e esta pode travar o seu desenvolvimento posterior.

- ___ B. A decisão depende de algo mais do que só as vantagens ou desvantagens da tecnologia. Depende do bom funcionamento, do seu custo e da sua eficiência.
- ___ C. Depende do ponto de vista que se tenha. O que é uma vantagem para uns pode ser uma desvantagem para outros.
- ___ D. Muitas tecnologias novas puseram-se em funcionamento para ganhar dinheiro ou alcançar poder, ainda que as suas desvantagens fossem maiores que as suas vantagens.
- ___ E. Depende do tipo de nova tecnologia de que se trate. Nuns casos, a decisão dependerá das vantagens ou das desvantagens, e noutros casos, dependerá de outras coisas.