



UNIVERSIDAD DE OVIEDO

Máster Universitario en Cultura Científica y de la Innovación

A Comunicação Social da Tecnologia Presente nos Livros Didáticos de Física do Brasil

Elio Carlos Ricardo

Tutor: Prof. Dr. José Antonio López Cerezo

Oviedo – Principado de Asturias – España

Julio 2015

A Comunicação Social da Tecnologia Presente nos Livros Didáticos de Física do Brasil

Resumo

Nos últimos anos, vários países têm introduzido a educação tecnológica no programa escolar. No entanto, transpor a tecnologia para o conhecimento a ser ensinado não é simples. Este artigo analisa as concepções de educação tecnológica dos livros didáticos de física atualmente usados no sistema educacional brasileiro. Para isso, apresentamos i) a tecnologia como um conhecimento específico, para além do paradigma da tecnologia como uma ciência aplicada; ii) o problema do modelo clássico de transposição didática aplicado para a educação tecnológica; e iii) a necessidade de entender a educação tecnológica como uma comunicação social da tecnologia. Em outras palavras, nós precisamos ampliar a concepção de conhecimento tecnológico a ser ensinado. Apesar disso, a principal conclusão deste trabalho é que a maioria dos livros didáticos de física apresentam a tecnologia como uma ciência aplicada e como um assunto secundário.

Palavras-chave: educação tecnológica, livros didáticos de física, comunicação social da tecnologia.

Abstract

In recent years, many countries have introduced technology education into the school program. However, transpose the technology to the knowledge to be taught is not simple. This paper analyzes the conceptions of technology education of the school textbooks of physics currently applied in the Brazilian educational system. To this end, we present i) the technology as a specific knowledge, beyond the paradigm of technology as an applied science; ii) the problem of the classical model of the didactic transposition applied to the technology education; and iii) the need to understand the technology education as a social communication of technology. In other words, we need to enlarge the conception of technological knowledge to be taught. Despite of this, the main conclusion of this paper is that most of school textbooks of physics present the technology as an applied science and as a secondary subject.

Keywords: technology education, school textbooks of physics, social communication of technology.

Sumário

1.Introdução.....	04
2.O Conhecimento Tecnológico.....	06
3.Metodologia da Pesquisa.....	10
4.Análise dos Livros.....	14
4.1.Tecnologia como justificativa para aprender física.....	14
4.2.Tecnologia como ciência aplicada.....	15
4.3.Modelo linear de desenvolvimento tecnológico.....	18
4.4.Cultura tecnológica intrínseca.....	20
4.5.Cultura tecnológica extrínseca.....	22
4.6.Comunicação social da tecnologia.....	23
5.Considerações Finais.....	25
6.Referências Bibliográficas.....	28

A Comunicação Social da Tecnologia Presente nos Livros Didáticos de Física do Brasil¹

Elio Carlos Ricardo

1. Introdução

A costumeira associação da tecnologia com artefatos faz com que não se perceba que ela é também um modo específico de conhecer, que enquanto tal não se reduz à mera aplicação do conhecimento científico. (Cupani, 2013, p.169)

A ideia de incorporar a tecnologia na educação científica, em especial nos meios formais, não é nova. No entanto, empreender uma verdadeira educação científica e tecnológica parece não ser uma tarefa fácil. Mesmo os movimentos que visam a implementar o enfoque ciência, tecnologia e sociedade (CTS) nos currículos e práticas escolares acabam por atribuir distintos *status* para os polos que a sigla propõe.

Em muitos casos, a tecnologia e a sociedade são apenas fontes de temas com relativa relevância social a partir dos quais se ensina ciência, supondo-se que a compreensão da tecnologia e das questões sociais envolvidas ocorra como consequência natural. Desse modo, a ciência continua sendo a única fonte de conteúdos a serem ensinados, enquanto que a tecnologia e a sociedade servem como meros contextos de problematização ou aplicação da ciência. Paradoxalmente, essa sub-representação da tecnologia nos programas escolares ocorre em um momento em que cada vez mais as pessoas se sentem próximas dos avanços tecnológicos, seja por meio do consumo de produtos da tecnologia, sejam por necessidades cognitivas práticas. Isso pode ser uma das razões para a ausência da tecnologia na educação científica, pois, como destaca a citação acima, a associação da tecnologia com artefatos pode lançar sombras em sua dimensão como produtora de conhecimentos próprios. Os processos tecnológicos incluem a produção de artefatos, mas não se reduzem a eles.

Martinand (2003) sintetiza bem as dificuldades de incorporar a tecnologia nos programas escolares ao analisar as mudanças ocorridas no currículo francês. Segundo o autor, a educação tecnológica passou por distintos enfoques, desde o ensino de desenho técnico, passando por trabalhos manuais e técnicas experimentais, até o estudo de máquinas simples. No mesmo contexto, Caillot (1996) aponta duas possíveis razões para a tecnologia ser tratada de modo muito diferente em disciplinas escolares com características próximas, como é o caso da física e da química. A primeira

¹ Agradeço aos professores do *Máster*, por suas aulas e materiais didáticos de alta qualidade. Agradeço à Prof^a. Dr^a. Marta I. Gonzáles e à Prof^a. Dr^a. Asunción Herrera, pelas contribuições dadas durante a defesa deste trabalho. Agradeço especialmente ao Prof. Dr. José Antonio López Cerezo, tutor deste trabalho, por suas orientações e indicações de bibliografias.

delas é de ordem epistemológica: os programas de física se mantêm presos ao “saber erudito” da ciência e atribuem à tecnologia *status* inferior e de subordinação à *epistême*. Para a química, a pesquisa científica e tecnológica se encontram em nichos não muito distantes, atribuindo-se *status* similares a ambas. A segunda razão apontada por Caillot é de ordem econômica: a química está mais próxima das práticas sociais da indústria química e dos laboratórios, com influências inclusive na formação de técnicos e engenheiros químicos. Enquanto a química também está voltada para a *technê*, a física não tem um correspondente nesse nível.

Outros autores (Gordillo e Galbarte, 2002; Maiztegui et al., 2002; Lopes et al., 2009) destacam que algumas iniciativas em estruturar os currículos na perspectiva CTS tendem a negligenciar a dimensão tecnológica. Segundo Gordillo e Galbarte (2002), os sistemas de ensino possuem uma *inércia* que os fazem manter uma transmissão de saberes dogmáticos e distantes da vida cotidiana, com a “*supremacia do teórico sobre o prático, do abstrato sobre o concreto e do saber sobre o fazer*” (p.5)². Tais concepções tornam-se obstáculos para a educação tecnológica e, de certa forma, aproximam-se das observações feitas por Caillot (1996). Maiztegui et al. (2002), chamam a atenção para a crescente importância dada à chamada *alfabetização científica*, que parece ser entendida como uma educação científica e tecnológica. Ou seja, é assumido que uma educação científica já contempla uma educação tecnológica, deixando-se esta fora dos currículos e programas. Isso também pode se constituir em obstáculo para uma educação tecnológica, pois passaria a impressão de que uma alfabetização científica é suficiente, impedindo a busca por novas abordagens. Assim, Maiztegui et al. (2002) destacam que a tecnologia é a *dimensão esquecida* da relação entre ciência e tecnologia e alertam para a necessidade de discutir a natureza e os objetivos da educação tecnológica.

Na mesma direção, Díaz et al. (2003) salientam que algumas abordagens CTS no ensino das ciências entendem que a tecnologia estaria subordinada à ciência e poderia se reduzir a esta. Lopes et al. (2009) também encontraram posições similares ao investigarem as publicações a respeito da abordagem CTS no ensino em congressos brasileiros. Segundo os autores, ainda que haja alguma discussão acerca da relação entre a ciência, a tecnologia e suas influências na sociedade, são ensinados apenas os conteúdos de física, química ou biologia. Os mesmos resultados foram encontrados por Sá e Santin (2009) ao analisarem as abordagens da radioatividade em livros didáticos de química. Com isso, podemos verificar que, ao mesmo tempo em que a ciência e a tecnologia são reconhecidas como fundamentais para a formação dos cidadãos, predomina uma educação científica em detrimento de uma educação científica e tecnológica, mesmo em alguns casos em que se defende abordagens CTS nos currículos escolares.

Algumas hipóteses já foram apontadas para a subvalorização da tecnologia na formação escolar, entre elas a ausência de reflexões filosóficas e históricas na formação dos professores (Niezwiada, 2009; Bispo et al., 2013). No entanto, pretendemos defender aqui a ideia de que se trata de um problema de referência para a construção dos currículos escolares. Nesse caso, a

² Todas as traduções presentes no texto são de minha responsabilidade.

tecnologia teria que ser vista como uma possível fonte de conteúdos a serem ensinados. Entretanto, a natureza do conhecimento tecnológico tem características epistemológicas distintas do conhecimento científico, ainda que estejam em estreita aproximação. Assim, uma possível alternativa seria buscar não apenas o ensino da tecnologia, mas uma comunicação social desta, já que adotar os percursos de didatização aplicados à ciência não servem para a tecnologia. Desse modo, para assentar em bases menos abstratas nossas discussões didáticas e filosóficas, buscamos nos livros didáticos a construção do cenário no qual os professores se encontram, pois são instrumentos de trabalho muito usados nas escolas e podem nos oferecer indicadores a respeito das concepções de tecnologia transmitidas nesses materiais. Além disso, buscamos tomar como ponto de partida o reconhecimento da tecnologia como uma prática social que produz conhecimentos próprios, para além de mera ciência aplicada, conforme é tratado a seguir.

2. O Conhecimento Tecnológico

De acordo com Cupani (2006, 2013), parece haver dois pontos de consenso na literatura que defende uma filosofia da tecnologia: o primeiro, que a tecnologia não é mera ciência aplicada e, o segundo, que a tecnologia é um modo específico de conhecimento. No entanto, as abordagens consensuais em relação à tecnologia param aqui. O próprio Cupani ressalta que a filosofia da tecnologia como disciplina acadêmica é relativamente nova e aponta Mário Bunge como um dos precursores mais destacados³. Sem a pretensão de ser exaustivo, Cupani (2004) apresenta três enfoques filosóficos da tecnologia, a saber, o enfoque analítico, a abordagem fenomenológica e a perspectiva crítica, tendo os filósofos Mario Bunge, Albert Borgmann e Andrew Feenberg como seus respectivos representantes.

Em outro trabalho, Cupani (2013) expõe outros pensadores que se dedicaram a refletir sobre a tecnologia. Entretanto, para os propósitos desta pesquisa, assumimos que a abordagem de Mario Bunge nos oferece um ponto de partida consistente para iniciarmos nossa discussão acerca da tecnologia. Um dos fatores que reforçam nossa escolha é a atenção que Bunge dá ao desenvolvimento do conhecimento tecnológico, ainda que possa negligenciar outros aspectos, conforme destaca Quintanilla (1998). Segundo Osorio (2002) e Cupani (2013), Bunge fala de teorias tecnológicas. Com isso, dentro dos enfoques propostos por Quintanilla (1998), a saber, o instrumental, o cognitivo e o sistêmico, Bunge representaria o enfoque cognitivo, como se verá mais adiante.

Segundo Cupani (2013), na maioria das vezes, a tecnologia está associada à técnica e, esta, a procedimentos. Ambas são manifestações da capacidade de fazer coisas e, para o autor, *“toda produção, técnica ou tecnológica, é manifestação de um saber”* (p.13). Assim, *“a intervenção da ciência na produção de artefatos é vista geralmente como geradora de uma diferença importante entre a técnica tradicional, baseada no conhecimento*

³ Alguns autores reconhecem o filósofo norte-americano Paul Durbin como sendo o pai da filosofia da tecnologia.

empírico do mundo, e a tecnologia, resultante da aplicação do saber teórico” (Idem, p.14). Entretanto, o autor reconhece que é possível assumir uma continuidade entre a técnica antiga e a moderna e, portanto, tratá-las por tecnologias. Um paralelo com a ciência seria dizer que a ciência antiga e a moderna são diferentes, mas ambas são chamadas de ciência. Além disso, a *aplicação do saber teórico* na citação acima se refere à incorporação do saber científico na planificação e produção de artefatos, mas não se reduz a isso.

Assim, Bunge associa a técnica e a tecnologia à produção de algo artificial, que pode ser um artefato, a modificação de um estado ou a transformação de um sistema. Em suas palavras, será dito artificial *“toda coisa, estado ou processo controlado ou feito deliberadamente com auxílio de algum conhecimento aprendido, e utilizável por outros”* (1985, p.33). Com isso, Bunge nos oferece uma definição de tecnologia como sendo *“o campo de conhecimento relativo ao desenho de artefatos e à planificação de sua realização, operação, ajustamento, manutenção e monitoramento, à luz de conhecimento científico”* (Bunge apud Cupani, 2013, p.95). A partir dessas definições, podemos identificar três condições necessárias para a construção do artificial: i) deverá ser precedida de uma tomada de decisão; ii) deverá ser orientada por um conhecimento aprendido; iii) deverá ter algum valor social. A tecnologia pode recorrer aos conhecimentos disponíveis e/ou novos. Cupani (2004) destaca ainda que existem outras propriedades desejáveis em um artefato tecnológico, a saber, a eficiência, a padronização, a segurança e a confiabilidade.

Gilbert (1992) ressalta que os processos tecnológicos são complexos, no entanto, pode-se estabelecer um modelo simplificado com quatro elementos básicos: *“a identificação de necessidades, o projeto de uma ou mais soluções possíveis, a construção da solução mais promissora e sua avaliação frente à necessidade original”* (p.566). Na mesma direção, Cupani (2013) salienta que a existência de uma planificação para alcançar objetivos bem definidos caracterizam a técnica e a tecnologia. Ou seja, o artefato é primeiramente concebido e, em seguida, buscam-se meios para sua produção. Com isso, é possível estabelecer três elementos básicos, mas não apenas estes, como sendo centrais em um processo tecnológico: a pesquisa, o desenvolvimento e a produção. Por ter um caráter fundamentalmente prático, a tecnologia simplifica, em certo sentido, as teorias científicas. Bunge destaca que os tecnólogos se deparam com caixas-pretas⁴ nas teorias científicas e podem decidir pela abertura ou não dessas caixas-pretas, guiados, principalmente, pelos objetivos propostos (Cupani, idem). No entanto, Bunge recebe algumas críticas por sugerir, aparentemente, que as teorias tecnológicas teriam um *status* de menor complexidade quando comparadas às teorias científicas. Osorio (2002) afirma que isso poderia indicar uma subordinação do saber tecnológico ao científico⁵.

Agora, podemos voltar aos três enfoques propostos por Quintanilla (1998), que os define da seguinte forma:

⁴ Metáfora que se refere a conteúdos desconhecidos no interior de um modelo teórico e/ou artefato.

⁵ Cupani (2013) rechaça essas críticas.

Enfoque cognitivo: as técnicas empíricas são formas de conhecimento prático, as tecnologias são ciência aplicada na resolução de problemas práticos, e a mudança técnica consiste no progresso do conhecimento e de suas aplicações.

Enfoque instrumental: as técnicas se identificam com os artefatos, os instrumentos e produtos resultados da atividade ou do conhecimento técnico.

Enfoque sistêmico: consiste em considerar que as unidades de análise para estudar as propriedades da técnica ou para construir uma teoria do desenvolvimento tecnológico, não são conjuntos de conhecimentos ou conjunto de artefatos, mas sistemas técnicos. (Quintanilla, 1998, p.2)

Em seguida, Quintanilla (1998) apresenta algumas vantagens e desvantagens em relação a cada enfoque. O enfoque cognitivo concentra sua atenção no desenvolvimento do conhecimento e na pesquisa aplicada. Todavia, negligencia os aspectos referentes à difusão das inovações. A abordagem instrumental, ressalta o autor, permite identificar as propriedades funcionais e econômicas da tecnologia, bem como os processos de inovação, mas não daria conta de compreender as origens das inovações, bem como as influências dos fatores sociais e culturais. Com o enfoque sistêmico, poderíamos *“incluir na teoria da inovação e do desenvolvimento tecnológico não apenas elementos cognitivos ou econômicos, mas também elementos sociais, organizativos, culturais, etc”* (Idem, p.3). Lacey (1998) já mostrou os riscos em negligenciar tais valores na análise da atividade científica. Parece razoável transpor o alerta para a tecnologia. Nesse sentido, Cupani (2013) destaca que o critério de sucesso na tecnologia também está associado ao atendimento de necessidades não epistêmicas. Essa pode ser uma diferenciação entre ciência e tecnologia, pois aquela busca atender a requisitos predominantemente epistêmicos⁶. Assim, considerar os valores proeminentes em uma sociedade torna-se relevante.

Outra diferença apontada por Cupani (2013) é o uso mais frequente do pensamento analógico pela tecnologia⁷, cuja utilidade é notória para adaptar, por exemplo, artefatos e conhecimentos já disponíveis na produção de novos. O autor faz um paralelo entre a ciência e a tecnologia recorrendo à ideia de anomalia e ciência normal de Thomas Kuhn. Na tecnologia, a “anomalia” poderia ser uma falha de funcionamento e, a “prática normal”, seria o funcionamento satisfatório de determinado artefato tal como foi concebido em projeto. A natureza do conhecimento científico e tecnológico também apresenta diferenças. Segundo Cupani (2006), o conhecimento tecnológico tem características de integração e síntese, enquanto que o conhecimento científico tem um caráter mais analítico.

Ao mesmo tempo, Bunge considera que há aproximações epistemológicas entre ciência e tecnologia. Ou seja, de acordo com Cupani (2013), ambas compartilham alguns postulados básicos, tais como: a realidade é cognoscível; o conhecimento se amplia por meio da pesquisa e da crítica; os modelos teóricos são representações simbólicas de objetos admitidos como

⁶ Cupani (2013) exemplifica citando a verdade e a justificação.

⁷ Na construção de modelos teóricos na ciência também se recorre ao pensamento analógico. Ver, por exemplo, Nersessian (2002).

reais e a observação e o experimento desempenham papel relevante no estabelecimento do grau de verdade das teorias, ainda que provisória. Com isso, segundo o autor, também é possível reforçar a diferenciação feita por Bunge entre a técnica e a tecnologia:

[...] não existe tecnologia onde o homem se limita a aplicar um saber-fazer, ou a servir-se de artefatos sem se perguntar pela sua base teórica nem procurar o seu aperfeiçoamento. Em todo caso, essa é a conduta do mero técnico contemporâneo, mas não do tecnólogo (sendo o engenheiro seu protótipo), cuja atividade é sempre em alguma medida teórica e criativa. (Cupani, 2004, p.497)

No entanto, Cupani (2006) reconhece que haveria a manifestação de um cientificismo exagerado em Bunge. Nesse sentido, Utges et al. (1996) destacam também que não seria prudente atribuir à ciência a racionalidade na compreensão dos fenômenos naturais e reservar para a tecnologia o papel de ciência aplicada puramente empírica. Tal posição reforçaria a manutenção de um *status* inferior à tecnologia frente à ciência. Além disso, poderia incorrer em atribuir sempre à ciência a precedência em relação à tecnologia. Historicamente, há vários casos de produção de artefatos tecnológicos que precederam as teorias científicas que os explicaram. O exemplo mais notório são as máquinas a vapor.

Outro risco inerente a essa concepção é a tecnocracia. Osorio (2002) destaca que se considerarmos apenas a fase de produção de artefatos da tecnologia, pode-se atribuir uma falsa neutralidade ao processo e, nesse caso, os tecnólogos e cientistas poderiam decidir o que é bom, correto e objetivo para os demais. Isso enfraquece ou mesmo impede a participação da sociedade nas decisões. Paradoxalmente, quando se considera os produtos tecnológicos como sendo neutros, a sociedade passa a ser a única responsável por seu uso. Disso, segundo o autor, poderia derivar um determinismo tecnológico, no qual os sistemas tecnológicos determinam a organização social e, poderíamos acrescentar, as práticas de gestão das necessidades, dos processos e dos produtos. Uma posição contrária a essa, *“consiste em considerar que na tecnologia se somam interesses sociais, econômicos e políticos daqueles que projetam, desenvolvem, financiam e controlam uma tecnologia”* (idem, p.3).

Nessa perspectiva, ganha destaque o elemento humano nos processos tecnológicos. Quintanilla (1998) se apoia em sua teoria de cultura tecnológica para definir *sistemas técnicos* ou *sistemas tecnológicos*. Para o autor, um sistema técnico⁸ é *“um dispositivo complexo composto de entidades físicas e de agentes humanos, cuja função é transformar algum tipo de coisa para obter determinados resultados característicos do sistema”* (idem, p.3). Quando se olha os sistemas técnicos, para além da produção de artefatos, considera-se a atuação (intencional) dos agentes humanos. Essa ação não é apenas de agende de produção, mas também de consumo e gestão. Tais agentes não são, como se sabe, elementos neutros, pois se constituem por suas

⁸ Possivelmente, o autor se refere aqui a sistemas técnicos e a sistemas tecnológicos (tecnologia como técnica produtiva).

habilidades, conhecimentos, necessidades, valores e culturas. Assim, dentro do seu quadro teórico, Quintanilla afirma que:

[...] a expressão cultura técnica pode ter duas acepções. Por um lado, pode se referir ao conjunto de técnicas (como conhecimento prático) de que dispõe um determinado grupo social (a técnica faz parte da cultura); por outro, pode se referir a um conjunto de características culturais (representações, regras e valores) relacionados com as técnicas. (Quintanilla, 1998, p.4)

Esses sistemas tecnológicos, de acordo com Quintanilla (1998), incorporam outros elementos culturais e podem se desenvolver inseridos em outros sistemas sociais mais amplos, que influenciam e sofrem influências destes. Assim, segundo o autor, os componentes desse conjunto de técnicas podem se apresentar de duas maneiras:

[...] aqueles que *estão incorporados* a sistemas técnicos e aqueles outros que, ainda que façam parte da cultura técnica de um grupo social, *não estão incorporados* a nenhum sistema técnico. No primeiro caso, pode-se falar de cultura técnica em *sentido estrito*, no segundo, de cultura técnica em *sentido lato*. (Quintanilla, 1998, p.5 – destaque do autor)

Isso implica, entre outras coisas, que as transferências de tecnologia e inovações podem ser mais complexas do que se pode imaginar, para além de meros segredos tecnológicos ou proteção de patentes. A ideia de cultura tecnológica também reforça a crítica de Cupani (2013) à filosofia da tecnologia de Mario Bunge, segundo o qual este desconsideraria os efeitos da introdução da tecnologia em determinadas culturas. Ademais, a noção de cultura tecnológica se aproxima da busca por uma apropriação social da tecnologia.

3. Metodologia da Pesquisa

Para a escolha dos livros didáticos a serem analisados, recorreremos ao Guia de Livros Didáticos de 2015 (Brasil, 2014) do Programa Nacional do Livro Didático (PNLD). Esse documento resulta de um processo de avaliação trienal dos livros didáticos de todas as disciplinas que compõem o currículo escolar realizado pelo Ministério da Educação (MEC) do Brasil. A cada três anos as editoras de livros didáticos inscrevem suas coleções no PNLD para serem avaliadas por equipes de especialistas, composta basicamente por cientistas e educadores das respectivas disciplinas. A avaliação é feita por duplas às cegas e, ao final, a coordenação do PNLD faz uma síntese da avaliação de cada coleção aprovada que irá compor o Guia de Livros Didáticos. Os critérios de avaliação das coleções são bem definidos e, aquelas que forem aprovadas, podem ser escolhidas pelos professores das escolas públicas. Nesse caso, o MEC compra os livros e distribui gratuitamente para os alunos e professores. O Guia tem por finalidade auxiliar o professor em suas escolhas, pois apresenta os pontos fortes e as fragilidades identificadas pelos especialistas. A escolha

deve ser feita com bastante atenção pelos professores, pois a coleção adquirida terá que ser utilizada por, pelo menos, três anos, quando será feita nova seleção⁹. O professor tem autonomia para escolher coleções que não estejam no Guia, seja porque foram reprovadas, seja porque não foram inscritas, mas o MEC não se responsabiliza em fornecer esses materiais.

Apenas as coleções aprovadas são nominalmente identificadas no Guia, ainda que sejam fornecidos dados quantitativos gerais. No PNL 2015, foram inscritas 20 coleções na disciplina de física, sendo 14 aprovadas e 6 excluídas. O Guia também oferece orientações para o professor organizar sua escolha e alerta para a necessidade da coleção estar adequada ao projeto pedagógico de sua escola e à realidade de seus alunos. Um dos critérios eliminatórios específicos para os livros de física é o seguinte:

Propor discussões sobre as relações entre ciência, tecnologia, sociedade e ambiente, promovendo a formação de um cidadão capaz de apreciar e de posicionar-se criticamente diante das contribuições e dos impactos da ciência e da tecnologia sobre a vida social e individual. (Brasil, 2014, p.16)

No entanto, a forma como esse critério é cumprido pelas coleções é bastante variada, indo desde simples comentários de final de capítulo dos livros, a discussões e exposições mais elaboradas, conforme se verá mais adiante. Assim, das 14 coleções aprovadas para a disciplina de física, o Guia faz referência específica à tecnologia em 10 coleções, 4 delas sendo, portanto, descartadas. Mas, em alguns casos as indicações sugerem que a abordagem é superficial, como aponta um exemplo: *“já as relações entre ciência, tecnologia e sociedade, e aquelas que têm a ver com o meio ambiente e a sustentabilidade, apresentam menor visibilidade no Livro do Aluno”* (Brasil, 2014, p.45). Desse modo, as coleções que receberam avaliações como essa em relação à abordagem da tecnologia também foram descartadas.

Com isso, em apenas 5 coleções o Guia destaca como um dos pontos fortes dos livros a questão da tecnologia, ou da relação entre ciência e tecnologia, para além de meros exemplos ilustrativos. Segue um exemplo: *“as relações entre Ciência e Tecnologia estão sempre presentes nos capítulos, envolvendo discussões sobre benefícios e prejuízos, bem como sobre a atualidade dos conhecimentos e suas aplicações tecnológicas”* (Brasil, 2014, p.43). Ou, ainda: *“[...] em vários momentos são exploradas as relações Ciência, Tecnologia, Sociedade e Ambiente. Dessa maneira, oportuniza-se ao aluno apreciar e posicionar-se criticamente diante das contribuições e dos impactos da ciência e da tecnologia sobre a vida social e individual”* (idem, p.90). Ou seja, nesses casos o Guia considera que as abordagens a respeito da tecnologia merecem destaque na coleção. Assim, seria possível aplicar alguma análise com possibilidade de resultados relevantes. As 5 coleções que receberam esse tipo de avaliação foram:

⁹ O Ensino Médio no Brasil tem duração de três anos e apenas neste nível escolar a disciplina de física faz parte do currículo.

Tabela 01: coleções com destaque em relação à tecnologia no Guia PNLD 2015.

	Referência da coleção
Coleção 1	Artuso, A. R.; Wrublewski, M. <i>Física</i> . Curitiba: Positivo, 2013.
Coleção 2	Bonjorno, V. et al. <i>Física</i> . São Paulo: FTD, 2013.
Coleção 3	Gaspar, A. <i>Compreendendo a Física</i> . São Paulo: Ática, 2013.
Coleção 4	Kantor, C. A. et al. <i>Quanta Física</i> . São Paulo: Pearson, 2013.
Coleção 5	Torres, C. M. et al. <i>Física Ciência e Tecnologia</i> . São Paulo: Moderna, 2013.

Fonte: o autor.

Nossa pesquisa assume os contornos de um enfoque qualitativo¹⁰, pois não se trata unicamente de reconhecer concepções certas ou erradas a respeito da tecnologia nos livros analisados. Busca-se extrair os significados referentes à tecnologia em um contexto preciso, a saber, o livro didático. Segundo Triviños (1987), nas pesquisas qualitativas, os processos são mais importantes que os produtos. Ou seja, a atenção preferencial estaria nos pressupostos que fundamentam as práticas, as ideias e as relações. Novos problemas a serem investigados e possíveis caminhos para a superação da condição atual podem surgir de estudos dessa natureza.

Para a coleta e análise dos dados, recorreremos à análise de conteúdo¹¹. Essa estratégia metodológica permite, conforme destaca Triviños (1987), o estudo das motivações, atitudes, valores, tendências, pressupostos e ideologias contidas nos conteúdos das mensagens. Entretanto, o autor destaca que pesquisas dessa natureza devem superar a mera especulação, apoiando-se em ações orientadas por princípios e estratégias claras. Por isso, foi importante estabelecermos um ponto de partida teórico a respeito da tecnologia, a fim de apoiar nossas reflexões e análises. Seguimos, ainda, três etapas básicas da análise de conteúdo:

A pré-análise: trata-se da organização dos materiais. Em nosso caso, iniciamos com a análise do Guia PNLD 2015 para identificarmos uma amostra que fosse representativa do todo (Tabela 01).

A descrição analítica: inicia-se um primeiro estudo dos livros, orientado por hipóteses e referenciais teóricos oriundos da literatura. Nesta etapa se constroem as categorias de análise.

A interpretação referencial: compõe-se da revisão das categorias e da análise inicial, com vistas ao aprofundamento das relações entre a pesquisa, a literatura e as bases teórico-metodológicas empregadas.

A literatura a respeito da educação tecnológica (Dreyfus, 1992; Gordillo e Galbarte, 2002; Maiztegui et al., 2002; Osorio, 2002; Díaz et al., 2003; Ricardo et al., 2007; Sá e Santin, 2009) aponta, em linhas gerais, três categorias: i) a tecnologia como justificativa para aprender ciência; ii) a

¹⁰ A pesquisa qualitativa é chamada, por vezes, de estudo exploratório ou pesquisa naturalista (Triviños, 1987; Bogdan e Biklen, 1994).

¹¹ O autor que consolidou a análise de conteúdo como metodologia de pesquisa foi Laurence Bardin, com o livro *L'analyse de contenu* (1977).

tecnologia como ciência aplicada; iii) a redução da tecnologia à ciência ou o modelo linear de desenvolvimento tecnológico. Além disso, Triviños (1987) destaca que *“não é possível que o pesquisador detenha sua atenção exclusivamente no conteúdo manifesto dos documentos. Ele deve aprofundar sua análise tratando de desvendar o conteúdo latente que eles possuem”* (p.162). Assim, para auxiliar nossa análise, recorreremos ao conceito de cultura tecnológica proposto por Quintanilla et al. (2011):

A cultura tecnológica de um grupo social é a informação cultural sobre **sistemas técnicos, seu funcionamento, projeto e produção e qualquer outro tipo de atividade relacionada com tecnologia**, compartilhada por seus membros. A expressão cultura tecnológica é usada neste contexto para se referir não somente à cultura profissional dos tecnólogos e engenheiros, mas também para componentes da cultura relacionada com tecnologia, suas invenções, produção, difusão e uso por qualquer indivíduo ou grupo de indivíduos. (Quintanilla et al., 2011, p.5 – destaque dos autores)

Os autores destacam ainda que é possível distinguir dois tipos de cultura tecnológica:

Cultura Tecnológica Intrínseca: todo conhecimento, norma de conduta e valores que são imanentes ao projeto, funcionamento ou uso adequado de um sistema técnico.

Cultura Tecnológica Extrínseca: toda informação cultural (crenças, normas, atitudes e valores) que estão relacionadas aos sistemas técnicos, atividades ou conhecimentos, bem como as pessoas e instituições que projetam, produzem e difundem tecnologias, mas que não formam parte do sistema tecnológico ou técnico. (Quintanilla et al., 2011, p.5)

Desse modo, as categorias utilizadas para análise dos dados foram: i) tecnologia como justificativa para aprender física; ii) tecnologia como ciência aplicada; iii) modelo linear de desenvolvimento tecnológico; iv) cultura tecnológica intrínseca; v) cultura tecnológica extrínseca; vi) comunicação social da tecnologia. Esta última foi acrescentada para avaliarmos a sua presença em situações potencialmente favoráveis nos livros didáticos analisados.

Após a segunda fase da análise de conteúdo, a saber, a *descrição analítica*, verificamos que apenas 2 coleções ofereciam exemplos que poderiam se enquadrar nas 6 categorias escolhidas; são as coleções 3 e 5 (Tabela 01). Nas demais coleções de livros predomina a perspectiva da tecnologia como ciência aplicada e, na grande maioria dos casos, são dados exemplos de conceitos físicos presentes em artefatos tecnológicos. Assim, as coleções 1, 2 e 4 foram descartadas (Tabela 01), considerando-se que as coleções 3 e 5 são representativas da amostra inicial e contemplam exemplos para todas as categorias de análise.

4. Análise dos Livros

O livro didático é uma das principais referências adotadas pelos professores para orientar suas práticas (Dreyfus, 1992; Sá e Santin, 2009; Quintanilla et al, 2011). Assim, ainda que não sejam um reflexo exato do que se passa na sala de aula, os livros didáticos podem nos oferecer indicadores relevantes a respeito das concepções e conhecimentos que são apresentados aos alunos, bem como as ênfases curriculares presentes na escola. Em nossa análise, procuramos trazer os casos mais explícitos e ilustrativos de cada categoria estabelecida. Em alguns casos, as fronteiras entre uma categoria e outra podem não ser tão nítidas, mas oferecem informações suficientes para os propósitos deste trabalho. Para as referências dos livros, adotamos as seguintes simbologias: C para coleção e L para livro. Assim, o símbolo C3-L2, por exemplo, indicaria a coleção 3, livro 2 (segundo ano do ensino médio), seguido da indicação da página.

4.1. Tecnologia como justificativa para aprender física

A literatura da área de ensino de física, entre outras, aponta que os alunos frequentemente questionam a relevância em aprender física na escola. Por isso, nesta categoria, apresentamos as situações em que as aplicações tecnológicas da física aparecem como justificativa para a pesquisa científica e/ou para seu ensino. Um dos livros afirma que:

A Física, além de buscar o conhecimento do Universo, *está presente em todos os ramos da atividade humana*. Por ser uma ciência abrangente e *com implicações importantes na nossa vida*, o livro de Física deve apresentar um conteúdo básico, mas também permitir a constante atualização desse conteúdo, *de suas implicações tecnológicas* e da própria compreensão de como os conhecimentos físicos têm sido adquiridos.

Esta coleção se propõe a auxiliar você a iniciar seus estudos nessa *ciência que tanto tem contribuído para o contínuo avanço tecnológico do mundo que vivemos*. (C3-L1, p.3 – meu destaque¹²)

Essa afirmação aparece na abertura dos três livros da coleção e chama a atenção para a presença da física no cotidiano, ainda que isso não seja tão facilmente observado. Destaca também as implicações na vida das pessoas e as contribuições para o avanço tecnológico. Nesses dois casos, a intenção em justificar a necessidade de aprender física é bem evidente. O outro livro analisado destaca que:

Os conceitos e as leis da Física ajudam a *explicar muitos fenômenos naturais* e a *entender desde o funcionamento das máquinas e dos equipamentos* que utilizamos diariamente, como uma simples lente de aumento, um abridor de latas, uma vassoura, uma máquina fotográfica

¹² Quando não houver outra indicação, todos os destaques dos extratos são de minha responsabilidade.

ou um telefone celular, até uma complexa usina nuclear, um tomógrafo computadorizado ou um microscópio eletrônico.

Devo instalar um chuveiro elétrico ou a gás? Usar lâmpadas incandescentes ou fluorescentes? Comprar um televisor de LCD, plasma ou LED? Os conhecimentos adquiridos ao estudar Física *podem capacitá-lo a fazer escolhas melhores e a tomar decisões mais acertadas* quando diante de diferentes opções. (C5-L1, p.3)

Assim como no livro anterior, esta coleção também procura justificar a relevância em se aprender física e usa as máquinas e equipamentos para apoiar seus argumentos. Além disso, recorre a questões cotidianas para afirmar o potencial da física em ajudar os cidadãos na tomada de decisões. A Coleção 5 cumpre o que promete no início do extrato acima, ou seja, explicar o funcionamento de vários equipamentos e máquinas. Mas, como se verá mais adiante, apenas apresenta os conceitos físicos envolvidos nos referidos artefatos. Em outros casos, a mesma estratégia de justificativa é utilizada para temas mais específicos, conforme ilustram os exemplos a seguir:

A importância do efeito fotoelétrico não se restringe apenas à revisão do modelo ondulatório da luz e à criação da ideia do fóton. *Ele tem inúmeras aplicações tecnológicas.* (C3-L3, p.212)

Embora atualmente a teoria especial da relatividade *esteja ligada a quase todos os campos da Física e da tecnologia*, sua origem está no eletromagnetismo. (C5-L3, p.214)

Os dois extratos induzem o leitor a entender que há um grande número de aplicações tecnológicas para os temas em estudo. Todavia, apenas na C3 é dado um, e apenas um, exemplo de aplicação do efeito fotoelétrico: os binóculos de visão noturna. Uma sucinta explicação é dada em um box colorido. Em outros temas, essa mesma coleção apresenta exemplos sucintos de aplicações tecnológicas. Essa tentativa de justificar a importância do ensino de física aparece na abertura dos capítulos dos livros, mas, na maioria das vezes, a estratégia utilizada é associar a física com o cotidiano das pessoas. Compreender esse cotidiano por meio da física é assumido como uma tendência natural. Em outras palavras: aprendendo física, entende-se a tecnologia.

4.2. Tecnologia como ciência aplicada

Essa é a concepção de tecnologia mais comum presente nos livros didáticos analisados, assim como nos professores e nas pessoas de modo geral, conforme mostram Fourez (2003), Ricardo et al. (2007), Constantinou et al. (2010) e DiGironimo (2011). Nas reflexões filosóficas a respeito da tecnologia também há indícios da permanência desse modelo, de acordo com Cupani (2006 e 2013) e Osorio (2002). Não é estranho, portanto, que os livros didáticos incorporem essa tendência. No entanto, em muitos casos, a ideia de tecnologia como ciência aplicada está subentendida, como se observa nos exemplos a seguir:

As aeronaves utilizam instrumentos para medir a velocidade que *são uma aplicação do efeito Bernoulli*; são conhecidos como tubos de Pitot. A velocidade da aeronave é medida pelo desnível de uma coluna de mercúrio. Esse desnível é causado pela passagem do ar pelo tubo, que provoca uma diferença de pressões nas extremidades do tubo. (C5-L1, p.183)

Um avião a jato funciona baseado no teorema da energia cinética. Seus motores realizam um trabalho que faz a massa gasosa ejetada ter energia cinética muito maior que a do ar aspirado. Por meio de uma série de processos, a pressão, a temperatura e a massa ejetada aumentam. (C5-L1, p.226)

As afirmações acima não são falsas, ou seja, a explicação do funcionamento dos tubos de Pitot e do motor dos aviões a jato recorre ao Princípio de Bernoulli e à Energia Cinética, respectivamente. Todavia, do modo como é apresentado parece indicar que se trata de uma aplicação imediata e que tais conceitos são suficientes para explicar todo o funcionamento dos artefatos. No segundo extrato, isso fica mais evidente, pois se reconhece que ocorre *por meio de uma série de processos*, os quais não são discutidos. O outro livro também oferece exemplos:

Alexander Graham Bell (1847-1922) foi um fonoaudiólogo escocês radicado nos Estados Unidos. Interessou-se pelo estudo das ondas sonoras e da mecânica da fala. Em 1873, quando era professor de Psicologia vocal em Boston, *realizando experimentos em que estudava a conversão das ondas sonoras em impulsos elétricos e vice-versa, passou a dominar a tecnologia que o levou à invenção do telefone.* (C3-L2, p.45)

O Maglev, sigla originária do inglês *Magnetically Levitated*, que significa algo como “magneticamente levitante”, é o mais avançado meio de transporte terrestre da atualidade – em janeiro de 2013, estava em operação na China em uma linha de 30 Km (que liga uma estação de metrô de Xangai ao aeroporto da cidade), alcançando a velocidade máxima de 431 Km/h. Sem rodas e sem motor, ele levita e se move por ação exclusivamente magnética e, prevê-se, poderá atingir velocidades superiores a 500 Km/h. *Praticamente toda a tecnologia de levitação e propulsão desse trem se fundamenta no uso de engenhosos dispositivos que se baseiam em dois conceitos básicos de Eletromagnetismo: o primeiro, a atração e repulsão entre os polos magnéticos do eletroímã supercondutor e os polos magnéticos do campo gerado em bobinas fixadas na pista; o segundo, a origem desse campo: a indução eletromagnética, resultante do movimento do eletroímã supercondutor fixo no trem junto às bobinas fixadas na pista.* (C3-L3, p.180)

Trata-se de dois artefatos tecnológicos bastante complexos, em especial o segundo, cujo desenvolvimento vai além da mera aplicação de conceitos

físicos. No caso do Maglev, o reducionismo é ainda mais acentuado, pois é uma tecnologia do domínio de poucas empresas e com custos de desenvolvimento, fabricação e manutenção elevados. Além disso, os possíveis obstáculos técnicos ou tecnológicos não são mencionados. Reduzir a tecnologia de levitação dos trens à simples aplicação de conceitos físicos prejudica sensivelmente a percepção dos processos tecnológicos.

A Coleção 5 oferece, ao final de cada capítulo ou seção dos livros, boxes intitulados Aplicação Tecnológica, nos quais predomina a concepção de tecnologia como aplicação direta de conceitos físicos. Em outros casos, trata-se de ciência aplicada e não tecnologia, como se verifica nos seguintes exemplos:

O gelo-seco é o dióxido de carbono (CO_2) solidificado. Ele sublima, isto é, passa diretamente do estado sólido para o estado gasoso em condições fáceis de reproduzir. Sob pressão normal, o CO_2 sublima a -78°C . Abaixo dessa temperatura, o dióxido de carbono está no estado sólido e acima, no estado gasoso. Quando no estado líquido, o CO_2 está sob pressão superior a 5atm. Acima de 31°C ele é um gás.

Por estar a uma temperatura muito baixa e sublimar em condições ambientais, o gelo-seco é empregado no congelamento e na refrigeração de alimentos perecíveis. Seu uso evita a formação de resíduos líquidos. (C5-L2, p.42)

Uma aplicação tecnológica bastante importante do atrito diz respeito à diferença entre o atrito estático e o atrito dinâmico de deslizamento. Em um veículo com sistema de freios convencionais, durante uma freada, geralmente as rodas do automóvel travam e se arrastam pela superfície de apoio.

Esse sistema [ABS] é dotado de mecanismos que impedem o travamento das rodas durante a freada. Enquanto o motorista está pisando no freio, as rodas continuam a girar de modo controlado, sem deslizar. (C5-L1, p.122)

Trata-se apenas de evidenciar a presença do conceito físico que está sendo estudado no momento em algum processo ou artefato, ainda que a seção seja chamada de Aplicação Tecnológica. No primeiro exemplo, sequer há explicação de uso específico do CO_2 em algum processo tecnológico. E, no segundo caso, apenas se explica que nos freios convencionais há travamento e deslizamento das rodas do automóvel durante a frenagem, o que o sistema ABS consegue evitar. Não se caracterizam, portanto, como exemplo de aplicação tecnológica do CO_2 e do atrito. Outro exemplo de tecnologia como ciência aplicada é ilustrado a seguir:

Mas havia outro caminho mais longo e difícil para utilizar a corrente alternada: *a construção de uma teoria para esse tipo de corrente e a criação de novos dispositivos*, principalmente motores, que funcionassem com corrente alternada. Essa foi a opção do físico e engenheiro sérvio Nikola Tesla e foi a que acabou prevalecendo.

A compreensão teórica da corrente alternada esclareceu as dificuldades que sua utilização havia criado, e percebeu-se que esse tipo de corrente tinha propriedades que a corrente contínua não possuía e que lhe *davam grande vantagem tecnológica*. O símbolo dessa vantagem é um dispositivo exclusivo da corrente alternada – o transformador. (C3-L3, p.192)

Mais uma vez, pode-se dizer que não está incorreto afirmar que os transformadores trabalham com corrente alternada. Todavia, do modo como é apresentado pode dar a entender que a aplicação do conceito físico de corrente alternada para a produção de motores foi imediata ou até concomitante. Nesse caso em particular, as demandas econômicas e industriais, por exemplo, são desconsideradas, bem como o tempo de pesquisa entre a proposição teórica e possíveis aplicações tecnológicas.

Na maior parte dos casos, os conceitos físicos em evidência, ou outros que estejam envolvidos, permanecem como caixas-pretas e as informações apenas revelam que há conceitos físicos envolvidos em determinado artefato ou processo, sem que estes sejam cenários de aprendizagem. Em muitos casos, parecem servir como ilustração ou curiosidade.

4.3. Modelo linear de desenvolvimento tecnológico

Esta categoria se enquadraria na anterior, a saber, a noção de tecnologia como ciência aplicada. No entanto, nos exemplos analisados ficou caracterizada também a ideia de modelo linear da tecnologia, no qual esta seria uma etapa natural dos avanços da ciência. Também poderia estar implícita a concepção de que a ciência sempre antecede a tecnologia. O exemplo a seguir é bem enfático em destacar as aplicações da física:

Até aqui procuramos mostrar que a Física, como toda ciência, é uma forma de conhecimento, uma das maneiras de que o ser humano dispõe para descrever e controlar os fenômenos naturais. Ela não é a única, mas é, *sem contestação, a mais eficiente*. As suas aplicações tecnológicas se multiplicam vertiginosamente e pode-se dizer que não há campo da atividade humana em que ela não influa de modo decisivo nos dias de hoje. (C3-L1, p.18)

Além da alegação de uma eficiência incontestável, a afirmação poderia induzir os leitores a pensar que as aplicações tecnológicas ocorrem com uma rapidez que seria ilusória ou, ao menos, questionável. Do modo como está escrito, poderia se pensar que a tecnologia não consegue dar conta de aproveitar e aplicar tudo o que a física está oferecendo. Em outro livro, da mesma coleção, isso se repete:

A década de 1820, para a Física, se iniciou com uma revolucionária descoberta: uma corrente elétrica percorrendo um condutor gerava a sua volta um campo magnético. Eletricidade e Magnetismo passaram a ser uma só ciência – o Eletromagnetismo – *para a qual se previam extraordinárias perspectivas tecnológicas*. E assim foi. Iniciou-se em

todo o mundo *uma frenética corrida na busca das inúmeras aplicações práticas que essa descoberta prometia*. (C3-L3, p.166)

A percepção de que os conceitos físicos podem ser imediatamente aplicados, transformando-se em tecnologia, é evidenciada aqui. As etapas de pesquisa, desenvolvimento e produção, apontadas por Cupani (2013) para um processo tecnológico, não são contempladas. Mais adiante, no mesmo livro, há outra afirmação interessante:

As aplicações práticas ficaram a cargo de inventores e engenheiros, mais interessados em enriquecer com a eletricidade do que em entendê-la, o que, aliás, já havia acontecido com a Termodinâmica. (C3-L3, p.196)

Parece haver neste extrato um juízo de valor em relação à aplicação da ciência em detrimento da sua compreensão. No entanto, em outras ocasiões, os livros desta coleção destacam que a busca pelo entendimento dos fenômenos naturais é tarefa do físico. Na outra coleção também há exemplos da concepção linear das aplicações tecnológicas. Alguns extratos podem esclarecer:

Uma tecnologia disponível hoje em muitas casas foi uma descoberta quase acidental de um pesquisador que trabalhava com um magnétron, um dispositivo eletrônico que gera micro-ondas a partir de energia elétrica: uma barra de chocolate, esquecida sobre uma bancada, derreteu quase imediatamente quando exposta à radiação das micro-ondas. (C5-L3, p.135)

Os avanços tecnológicos dos últimos cem anos que revolucionaram a vida e os costumes da humanidade no século XX foram, em grande parte, frutos das *aplicações dos conceitos da nova Física* do mundo das partículas subatômicas.

A Nanotecnologia, em rápido desenvolvimento no mundo todo, aponta para uma nova revolução tecnológica no século XXI. (C5-L3, p.235)

No primeiro texto, pode parecer que imediatamente após o referido acidente passaram a ser produzidos os fornos de micro-ondas de uso doméstico, sem necessidade de pesquisas no campo tecnológico. E, no segundo caso, a ideia de que os avanços tecnológicos são o resultado das aplicações da física é explícita. O autor vai mais longe e destaca as expectativas tecnológicas oriundas da nanotecnologia. Nesta coleção, também há menção ao uso da Termodinâmica por engenheiros para a construção de máquinas:

[James] *Watt ainda criou outros dispositivos visando melhorar a eficiência, a estabilidade e a potência* de sua máquina a vapor: regulador centrífugo para controlar a velocidade, válvula borboleta, motor de duplo efeito e motor composto, entre outros.

Todos esses inventos e a evolução das máquinas térmicas *foram fruto de uma engenharia de tentativas e erros, de testes empíricos ou da concorrência comercial, muitas vezes desleal*. A teoria era praticamente inexistente. (C5-L2, p.99)

Mais uma vez, parece haver uma percepção depreciativa da tecnologia. Nos casos em que a física não está disponível ainda, a engenharia se apoiaria em tentativas e erros ou na demanda de um ambiente *desleal*. Às vezes, parece que nesses episódios a tecnologia caminhou no escuro até que a ciência trouxesse a luz. Esse extrato poderia servir, em certo sentido, como um contraexemplo do modelo linear das aplicações tecnológicas, mas não foi tratado nessa perspectiva. Situação similar pode ser verificada no caso a seguir:

Por mais sofisticado que seja um aparelho de telefonia celular, *tecnicamente ele tem as mesmas características de um rádio*: uma eficiente combinação das tecnologias da radiodifusão e da comunicação sem fio. Entretanto, o telefone celular, como qualquer outro utensílio eletro-eletrônico, *apresenta alguns inconvenientes tecnológicos* para o usuário. (C5-L3, p.309)

Um aparelho celular moderno é bem mais do que a combinação sugerida acima, pois envolve também tecnologias de *softwares*, entre outras. No entanto, nessa passagem seria possível discutir as demandas tecnológicas para o aprimoramento dos artefatos, ainda que os conceitos físicos envolvidos já estejam disponíveis. Todavia, esse enfoque não foi aproveitado no livro.

4.4. Cultura tecnológica intrínseca

Nesta seção, os exemplos escolhidos e analisados evidenciam características inerentes aos sistemas tecnológicos, algumas das quais podem ser usadas para ressaltar as diferenças entre a ciência e a tecnologia. Segue um primeiro exemplo ilustrativo:

Em 1887, [Tesla] *negociou a patente* de seu sistema elétrico com George Westinghouse, que apresentou ao governo americano esse modelo de geração e distribuição de energia elétrica. Com isso, os *interesses de Thomas Edison foram contrariados*, já que ele defendia os benefícios e a segurança de seu modelo de corrente contínua.

Em 1891, [Tesla] naturalizou-se estadunidense. Em 1893, Westinghouse e Tesla *venceram a licitação* para iluminar a Feira Mundial de Chicago. Thomas Edison, que perdera a licitação, *recusou-se a dar a Tesla a permissão de usar as lâmpadas elétricas por ele patenteadas*. Assim, Tesla foi obrigado a criar uma nova lâmpada elétrica e mais de 200.000 lâmpadas de Tesla iluminaram a feira. (C5-L3, p.89)

Nesse caso, fica evidente a disputa por patentes e fins comerciais dos artefatos tecnológicos, assim como uma permanente competição entre os detentores de determinada tecnologia, bem característico das comunidades de

tecnólogos e grandes empresas. A disseminação do conhecimento tecnológico e a ideia de trabalhos colaborativos têm aspectos que a diferenciam da ciência. Outro exemplo traz novos enfoques:

A transmissão de sons através de impulsos elétricos propagando-se por fios, princípio do telefone, foi conseguida pela primeira vez em 1861. Entretanto, foi a *apresentação pública* na Exposição do Centenário da Independência dos Estados Unidos, realizada na cidade de Filadélfia, em 1876, que consagrou Alexander Graham Bell como inventor do telefone.

O telefone teve um *rápido desenvolvimento técnico* e, no final do século XIX, a *Bell Telephone Company, empresa criada por seu inventor, tinha mais de um milhão de assinantes.* (C3-L3, p.197)

As inovações tecnológicas se utilizam de estratégias de *marketing*, pois buscam mercado. Enquanto as descobertas científicas são divulgadas em congressos ou periódicos especializados, a tecnologia pode se valer de grandes feiras de exposições, como ilustra o caso acima. Além disso, fundar uma empresa para gerenciar comercialmente seu invento também parece ser uma característica inerente da tecnologia. O papel da propaganda na produção tecnológica também pode ser ilustrado em outro exemplo:

Na Europa, no final do século XVII e início do século XVIII, a *demand* *por carvão mineral aumentava rapidamente* e, por isso, as minas de carvão tornaram-se cada vez mais profundas. Com o acúmulo de água no interior das minas, *a retirada de carvão tornava-se muito difícil e perigosa*, fato que levou o inglês Thomas Savery (1650-1715) a construir um mecanismo movido a vapor destinado a retirar essa água.

Uma *forte campanha publicitária trouxe-lhe mais clientes* e Savery produziu muitos de seus mecanismos não apenas para bombear água para fora das minas, mas também para o fornecimento de água para grandes edifícios.

A máquina de Savery *possuía um baixo desempenho além de outras limitações.* Alguns anos mais tarde, quando o mecânico inglês Thomas Newcomen (1663-1729) projetou seu próprio motor a vapor com pistão, Savery juntou-se a ele em seu desenvolvimento, *sem abrir mão da primazia de patente.* (C5-L2, p.98)

Vários elementos que caracterizam os processos tecnológicos aparecem neste extrato. A resposta por demandas sócio-econômicas, o papel das campanhas publicitárias para conquistar mercado e a manutenção das patentes são evidentes nesta situação. Além disso, podemos destacar outro fator relevante: o esforço para se manter competitivo no mercado. No caso de Savery, mesmo com máquinas pouco eficientes, as campanhas publicitárias, ao que parece, garantiram muitos clientes, até que se viu ameaçado por novas invenções, quando tratou de se associar ao seu inventor.

Respostas rápidas às demandas do mercado, eficiência, otimização da relação custo-benefício, competitividade e o patenteamento dos inventos são algumas das características intrínsecas aos sistemas tecnológicos.

4.5. Cultura tecnológica extrínseca

A ênfase principal nesta seção é na imagem de tecnologia que é transmitida por meio dos livros didáticos, envolvendo também aspectos éticos, legais e sociais. Pode-se ainda diferenciar elementos positivos ou negativos em relação à tecnologia. Dois exemplos ajudam a esclarecer:

A mecânica quântica é um dos pilares da física moderna. Hoje, ela *movimenta direta ou indiretamente grande parte do produto interno bruto norte-americano*. Contudo, é à *curiosidade humana* de se entender a natureza da luz e a estrutura microscópica da matéria que devemos seu nascimento e *não à economia de mercado*. A curiosidade pode ter matado o gato, mas, nesse caso, *tem salvado vidas, graças a aplicações modernas da mecânica quântica*, como nos aparelhos de ressonância magnética e *lasers*. Isso para não falar dos *chips* de computadores e de muitas outras coisas que melhoram a qualidade de vida das pessoas de forma jamais imaginada pelos fundadores da teoria. (C5-L1, p.18)

Aqui é um exemplo clássico de justificar a ciência por meio de suas aplicações. Esse texto vem em resposta a duas questões que o próprio livro coloca: *em um mundo com tanta carência é justo fazer ciência fundamental? Buscar o conhecimento pelo conhecimento?* (C5-L1, p.18). Ainda que possa ser mais evidente uma cultura científica extrínseca, pois parece transmitir a ideia de que a ciência é desinteressada e neutra, enquanto a tecnologia responde a demandas econômicas, serve também para transmitir uma visão da tecnologia como caminho para a salvação de vidas, sendo, portanto, essencial. Pode, ainda, sugerir que a tecnologia nos levará sempre para um futuro melhor. Segue o segundo exemplo:

As primitivas máquinas a vapor de Newcomen, *ineficientes e dispendiosas*, só compensavam no bombeamento de água das minas de carvão. A incipiente indústria têxtil britânica da época experimentava progressos com a invenção dos teares, mas tais máquinas pesadas eram acionadas por lentas rodas-d'água numa região carente de cursos de água. A *máquina a vapor de Watt* surgiu, portanto, num momento crítico – *certamente poucas invenções foram tão oportunas e causaram tanto impacto na história da humanidade como esta*.

A invenção da máquina a vapor *alterou inclusive a estrutura social europeia, começando a empregar trabalhadores em fábricas (incluindo mulheres e crianças) e gerando um grande número de desempregados*. (C3-L1, p.237)

Diferentemente do texto anterior, aqui a imagem da tecnologia é tratada sob uma visão negativa, porque teria ocasionado desempregos e uso das crianças e mulheres como mão de obra. Pode ser exagero, mas parece expressar também certo oportunismo por parte da tecnologia. Isso fica mais evidente quando, na sequência do texto acima, o livro afirma que: *“Matthew Boulton (1772-1842), empresário inglês e sócio de Watt na fabricação e comercialização de máquinas a vapor, que de rico se tornou milionário, sabia o*

que dizia ao apresentar a invenção aos clientes: vendo, senhor, o que o mundo deseja ter: energia!” (C3-L1, p.237). Outro exemplo traz novos elementos para análise:

[...] a utilização da energia proveniente da fissão nuclear é apenas um problema tecnológico, cuja dificuldade maior é obtenção da quantidade necessária de minério com concentração e pureza adequadas para cada finalidade. Atualmente todos os problemas tecnológicos de geração e controle dessa energia estão resolvidos, com uma única e grave exceção: o lixo radioativo.

[...] há uma variedade enorme de elementos resultantes nas reações de fissão. Grande parte deles é de elementos radioativos, nocivos ao ser humano e ao meio ambiente, que podem emitir radiação por milhares de anos – a guarda segura desse material, que se convencionou chamar de lixo radioativo, ainda hoje é um problema mal resolvido. (C3-L3, p.294-295)

Mais uma vez, parece que o (mal) uso dos conceitos físicos é atribuído unicamente à tecnologia. E, também a falta de uma resposta para os riscos é apresentada como um problema tecnológico, e não científico. Ou seja, a falha estaria na tecnologia! Além disso, quando surgem termos como radioativo, nuclear, radioatividade, já se associa a algo perigoso ou nocivo. Outro exemplo, da outra coleção, a respeito desse tema reforça nossa afirmação:

Romper núcleos atômicos só foi possível com a construção dos poderosos aceleradores de partículas, como os cíclotrons, os bevatrons e os tevatrons.

Sempre que uma nova fonte de energia é descoberta, surge alguma tecnologia para aproveitá-la – algumas vezes, para uso bélico. Foi assim com o fogo, a pólvora, o petróleo e, mais recentemente, com a energia nuclear. (C5-L3, p.262)

Atribui-se à tecnologia o uso bélico da ciência, deixando esta como neutra e isenta de responsabilidade. Nesse caso em particular, a saber, uso bélico da energia nuclear, foi notória a participação de vários físicos renomados no projeto e construção da bomba atômica durante a Segunda Guerra Mundial; o chamado Projeto Manhattan. Todavia, novamente é passada uma imagem negativa da tecnologia, não apenas em relação à energia nuclear, mas em outros momentos históricos.

4.6. Comunicação social da tecnologia

Nesta última seção, trazemos situações em que a tecnologia é apresentada em seus aspectos mais amplos, superando as concepções anteriormente discutidas. Ou seja, são casos em que não apenas os aspectos epistemológicos da tecnologia são apresentados, mas também suas dimensões atitudinais ou valorativas. São situações potencialmente favoráveis para ampliar a percepção da tecnologia, seu impacto social e sua relação com aspectos econômicos, políticos e históricos. Segue um primeiro exemplo:

Em 1917, Einstein sugeriu um processo chamado de emissão estimulada, por meio do qual seria possível construir fontes que emitissem fótons com a mesma fase, o mesmo plano de polarização e a mesma direção dos fótons da radiação estimulada.

Esse processo só foi realizado em 1954 de início com micro-ondas, por isso chamou-se *maser* (sigla em inglês de *microwave amplification by stimulated emission of radiation*), mas sua radiação não era luminosa. O *laser* só foi inventado em 1960, com as radiações estimuladas confinadas em um cristal de rubi. Mais tarde foram criados *lasers* de diferentes materiais, como a mistura de gases hélio-neônio, até que, na década de 1980, foi desenvolvida a técnica da construção de diodos *laser*, que puderam reduzir drasticamente seu tamanho e, principalmente, o seu preço. [...] Desde então, o *laser* tem adquirido as mais variadas aplicações tecnológicas, sobretudo na Medicina. (C3-L2, p.169)

Aqui há vários aspectos importantes a considerar na relação entre a ciência e a tecnologia, bem como suas aplicações. Inicialmente, evidencia-se que as aplicações tecnológicas de uma teoria física não ocorrem imediatamente e de modo automático. Há que se buscar novas técnicas e novas tecnologias, como ilustram as limitações iniciais das micro-ondas. Seis décadas depois da proposição teórica de Einstein é que foi possível a produção do *laser*, cuja relação custo-benefício se mostrou viável para a aplicação na medicina, entre outras. Dois outros exemplos, que envolvem o contexto brasileiro, são relevantes:

De maneira independente e na mesma época que Marconi, o padre brasileiro Roberto Landell de Moura construiu aparelhos que utilizavam ondas de rádio para comunicação. Nascido no dia 21 de janeiro de 1861 em Porto Alegre, no Rio Grande do Sul, foi ordenado sacerdote em 1886, estudou em Roma, no Colégio Pio Americano e, posteriormente, na Universidade Gregoriana.

No dia 3 de julho de 1900, Landell de Moura realizou uma demonstração pública de telegrafia e telefonia sem fio entre o alto da Avenida Paulista e o bairro de Santana, em São Paulo, distantes 8 Km em linha reta. Embora não oficial, foi a primeira transmissão de ondas de rádio.

Em 1904, depois de inúmeros contratemplos, Landell de Moura conseguiu patentear nos Estados Unidos três de seus inventos: o telégrafo sem fio, o telefone sem fio e o transmissor de ondas de rádio. Retornou ao Brasil em 1905, onde pretendia ficar alguns meses para depois retornar aos Estados Unidos. Desestimulado pela falta de apoio das autoridades brasileiras, permaneceu no Brasil, abandonando suas pesquisas e invenções e dedicando-se somente às causas religiosas. (C5-L3, p.296)

O texto traz informações potencialmente ricas para discutir as pesquisas científicas e tecnológicas no Brasil. De modo geral, os brasileiros desconhecem as contribuições de seus conterrâneos para o campo científico e tecnológico,

até porque boa parte dos conteúdos ensinados na escola são anteriores ao século XX. Se considerarmos que a primeira universidade brasileira foi fundada em 1912, as chances de brasileiros figurarem entre os cientistas e tecnólogos citados na escola são muito pequenas. Além disso, o extrato acima levanta a questão do investimento público em ciência e tecnologia, ainda hoje um problema crônico. Possivelmente, o fato de Landell de Moura ter estudado na Itália tenha permitido o contato com temas atuais de pesquisa da época. Vejamos o segundo exemplo:

Em 2010, segundo dados da Associação Brasileira da Indústria de Latas da Alta Reciclabilidade (Abralatas), o Brasil atingiu o primeiro lugar no ranking mundial de reciclagem de latas de alumínio, reaproveitando 17,7 bilhões de latas ou 2 milhões de latinhas por hora, o que representa 97,5% de todas as latinhas consumidas no país.

A bauxita é o minério bruto do qual se extrai o alumínio. O reaproveitamento de 1 tonelada de alumínio evita a extração de 5 toneladas de bauxita, além de o alumínio poder ser reciclado infinitas vezes. Para a reciclagem do alumínio gastam-se apenas 5% da energia que seria utilizada na produção da mesma quantidade de alumínio primário a partir da bauxita.

Em 2010, somente a etapa de coleta de latas de alumínio para reciclagem injetou na economia nacional R\$ 555 milhões, equivalente à geração de emprego e renda para 251 mil pessoas. Dessa forma, além de benéfica para o meio ambiente, a reciclagem de alumínio é uma atividade geradora de renda para muitas pessoas. (C5-L3, p.200-201)

Esse tema pode conduzir a importantes discussões, inclusive a respeito da tecnologia brasileira instalada apta a fazer a reciclagem de metais, plásticos e papel, entre outros. É curioso que a reciclagem do alumínio tenha atingido marcas tão elevadas no Brasil quando se trata de um país com a terceira maior reserva de bauxita do mundo. Possivelmente, a escassez dessa matéria prima não foi a razão principal. Questões sociais e econômicas se apresentam como as principais motivadoras, além das ambientais. De fato, muitas pessoas possuem na reciclagem (metal, papel, vidro, plástico) sua principal fonte de renda em um mercado ainda informal, o que acaba gerando outros problemas sociais. O livro traz ainda informações a respeito da reciclagem de outros materiais no Brasil: vidro 47% (2010), papel 45,9% (2009) e plástico 19,4% (2010)¹³. Limitações nos sistemas de coleta seletiva e reciclagem do lixo no Brasil não foram apresentadas, mas poderiam surgir do texto proposto pelo livro.

5. Considerações Finais

Os resultados encontrados em nossa análise, de modo geral, concordam com a literatura, pois predomina a ideia da tecnologia como ciência aplicada ou

¹³ Em alguns casos, o livro oferece dados de outros países para efeitos comparativos. O Japão está em segundo lugar na reciclagem de alumínio (92,6%). A Alemanha está em primeiro lugar na reciclagem de plástico (34%) (C5-L3).

como justificativa para o ensino de ciências/física. No entanto, nossa análise traz novos elementos quando nos propomos a analisar os livros sob as três últimas categorias, a saber, a cultura tecnológica intrínseca, a cultura tecnológica extrínseca e a comunicação social da tecnologia. Essas categorias nos ajudam a defender a ideia de que as dificuldades para implementar uma educação tecnológica na escola pode ser um problema de referência para construir o currículo.

As três primeiras categorias de análise poderiam compor um único bloco chamado genericamente de tecnologia como ciência aplicada, enquanto que as três últimas, poderiam compor outro bloco chamado de comunicação social da tecnologia. Optamos por manter as categorias utilizadas porque nos permitiu olhar com mais atenção para alguns aspectos em detrimento de outros. Assim, conforme sugerem as pesquisas com enfoque qualitativo, ou estudo exploratório, não se trata de encontrar conceitos ou representações certas ou erradas. Trata-se de fazer emergir os significados, os pressupostos, as tendências, os valores e as motivações que guiaram as escolhas didáticas presentes nos livros, podendo influenciar as práticas dos professores. Não podemos afirmar que os professores irão transmitir os conteúdos presentes nos livros didáticos tal como são apresentados, mas podemos conhecer melhor, segundo Quintanilla et al. (2011), como eles são induzidos a perceber a tecnologia e sua relação com a ciência.

No caso específico do contexto brasileiro, o PNLD promoveu nos últimos anos algumas modificações nos livros didáticos, seja por imposição da avaliação do MEC, seja por incorporar resultados das pesquisas em ensino de ciências/física. No entanto, ainda que exista uma indicação explícita da obrigatoriedade em relação à presença de discussões a respeito da ciência e da tecnologia, e suas implicações ambientais e sociais (Brasil, 2014), a realização efetiva disso nos livros didáticos permanece na percepção estrita da tecnologia como ciência aplicada, na grande maioria dos casos. Ao que parece, as coleções entendem que cumprem tais requisitos oferecendo informações a respeito dos conceitos físicos presentes nos artefatos tecnológicos. Apresentam-se equipamentos como motores, máquinas, tomógrafos, telefones, usinas, rádios, entre outros, e extraem-se os conceitos físicos implicados no funcionamento desses aparatos. A isso se costuma chamar de aplicação tecnológica. Nossa análise mostra que há exceções, mas são poucas.

Martinand (2003), ao estudar os vários enfoques dados à educação tecnológica nos currículos escolares franceses, observou que boa parte da dificuldade em implementar efetivamente uma educação tecnológica estava nas escolhas das práticas sociais (produção industrial, produção tecnológica etc.) que seriam as referências a partir das quais os conteúdos a serem ensinados seriam extraídos. Aqui cabe estabelecer uma diferença entre a ciência e a tecnologia. O produto da ciência são as teorias científicas, enquanto que o produto da tecnologia são os artefatos; ao menos na concepção dos professores, livros didáticos e cidadãos de modo geral. Aquelas ciências que, por razões históricas, fazem parte dos currículos escolares, como é o caso da física, têm alguns de seus produtos (teorias e conceitos) transpostos para a sala de aula. No entanto, essa transposição não se reduz a mera síntese. De acordo com Chevallard (1991), aqueles conteúdos que foram escolhidos como objetos de ensino passam por um processo de didatização e assumem

características que os tornam ensináveis. Pode-se imaginar a dificuldade que seria recorrer aos *Princípios Matemáticos de Filosofia Natural (Principia)* de Newton para aprender mecânica, ou ao *Tratado de Eletromagnetismo* de Maxwell para aprender eletromagnetismo.

Não se ensina ciência na escola a partir dos trabalhos originais¹⁴. Além disso, nesse processo de didatização, segundo Chevallard (1991), os conteúdos escolares são extraídos do seu contexto original de produção, sendo, portanto, descontextualizados. Assim, por exemplo, dos *Principia* de Newton, extraímos as três leis do movimento, sendo que a expressão $F=m.a$ é a mais conhecida. De todo o *Tratado de Eletromagnetismo* de Maxwell, extraímos quatro expressões matemáticas: as leis de Maxwell. Ou seja, uma pequena parte do que é produzido pela ciência é transformado em conteúdo a ser ensinado. Mas, como seria esse processo para o caso da tecnologia?

Seguindo essa lógica, não é estranho que as tentativas para implementar uma educação tecnológica recorram aos seus produtos: os artefatos tecnológicos! Todavia, não se ensina motor, usina nuclear, satélite artificial ou automóvel. A alternativa imediata é extrair os conceitos físicos presentes nesses artefatos e ensiná-los. Entretanto, ensinar tecnologia nessa perspectiva traz poucas contribuições para a formação de um cidadão em condições de exercer uma participação informada em seu contexto social. Nossas análises, em especial as três primeiras categorias, mostram isso. Além disso, mesmo algumas iniciativas que adotam a abordagem CTS clássica também subvalorizam a tecnologia (Gordillo e Galbarte, 2002; Maiztegui et al., 2002; Díaz et al., 2003; Lopes et al., 2009; Sá e Santin, 2009). Ou seja, o percurso de didatização aplicado à ciência não serve para a tecnologia. Uma primeira exigência para superar essa visão simplista é compreender que a tecnologia é um modo específico de conhecer, conforme destaca Cupani (2013), e seu produto não se reduz aos artefatos.

Os processos tecnológicos não se compõem apenas da etapa de produção; envolvem outras características, como pesquisa, desenvolvimento e produção de soluções para problemas específicos. Exigem testes, avaliação de custos, revisão de projeto, validação, controle, racionalização de recursos e gestão de conhecimentos e técnicas disponíveis, entre outros. A partir da percepção de que a tecnologia envolve sistemas mais complexos, a noção de educação tecnológica também teria que mudar, para além da visão tradicional apontada acima. É nesse sentido que propomos pensar a educação tecnológica como uma comunicação social da tecnologia.

Essa crítica à visão simplista de ensinar tecnologia se aproxima, em alguns aspectos, às críticas ao modelo de déficit cognitivo de comunicação da ciência e da tecnologia, segundo o qual os cidadãos são vistos como uma entidade homogênea e vazia de informações e conhecimentos (Miller, 1998). Caberia aos cientistas e tecnólogos educar esse público leigo. Ou seja, estabelecia-se uma relação unidirecional entre um emissor especialista e uma audiência passiva, conforme destacam Alcívar (2009) e Merino e Cerezo (2012). Ademais, essa concepção de déficit cognitivo explicaria possíveis atitudes negativas em relação à ciência e à tecnologia. Ao mesmo tempo, desautorizaria a participação pública dos cidadãos nos debates e decisões

¹⁴ Podemos supor que haveria exceções em cursos de história da ciência.

relacionadas à ciência e à tecnologia. Segundo Alcívar (2009), surgiram alguns programas que buscavam solucionar esse problema, “cujo objetivo prioritário era tentar corrigir a carência cognitiva que se diz ter o público ao deparar-se com a ciência e a tecnologia” (p.170). As tentativas de comunicação científica apoiadas nessa concepção não se mostraram eficientes para superar o suposto déficit cognitivo e esse paradigma se evidenciou insuficiente para avaliar a percepção pública da ciência e da tecnologia. Podemos fazer uma analogia entre essa forma de comunicação científica e a *educação bancária* criticada pelo educador Paulo Freire (1987), segundo a qual o professor “deposita” uma quantidade de conteúdos na cabeça dos alunos, tratados como *tabula rasa*, para serem “retirados” nas avaliações. Seria uma comunicação científica bancária, na qual impera o conhecimento pelo conhecimento.

O que pretendemos é superar uma comunicação científica e tecnológica bancária. Ou seja, não basta ensinar um conjunto de conceitos físicos aplicáveis em artefatos tecnológicos. Isso não seria muito diferente da concepção de déficit cognitivo. Trata-se de assumir a educação tecnológica na perspectiva de uma comunicação social da tecnologia, a fim de garantir um protagonismo social em uma sociedade do conhecimento e, ao mesmo tempo, em uma sociedade do risco. A pergunta “o que iremos ensinar de tecnologia?” deveria ser substituída por “que tipo de comunicação social da tecnologia faremos?” Ou, ainda, “qual cultura científica e tecnológica estamos transmitindo nos livros didáticos?” E, finalmente, “com quais propósitos?” Foram essas situações que a nossa análise, em especial as três últimas categorias, buscou encontrar. Todavia, ao que parece, os livros didáticos de física analisados não caminham nessa direção.

6. Referências Bibliográficas

ALCÍBAR, Miguel (2009): Comunicación pública de la tecnociencia: más allá de la difusión del conocimiento, *Zer*, vol.14, n.27, pp.165-188.

BISPO F., Djalma O. et al. (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*, vol.12, n.2, pp.313-333.

BOGDAN, Robert; BIKLEN, Sari (1994): *Investigação qualitativa em educação*, Porto, Porto Editora.

BRASIL (2014): *Guia de Livros Didáticos: PNLD 2015*, Brasília, Ministério da Educação, Secretaria da Educação Básica.

BUNGE, Mario (1985): Philosophy of science and technology: formal and physical sciences, *Treatise on basic philosophy*, Dordrecht, Reidel.

CAILLOT, Michel (1996): La théorie de la transposition didactique est-elle transposable?, en C. Raïsky; M. Caillot (éds.): *Au-delà des didactiques, le didactique: débats autour de concepts fédérateurs*, Bruxelles, De Boeck & Larcier S. A..

CHEVALLARD, Yves (1991): *La transposición didáctica: del saber sabio al saber enseñado*, Buenos Aires, Aique Grupo Editor.

CONSTANTINO, Costas et al. (2010): Students' epistemological awareness concerning the distinction between science and technology, *Int. J. Sci. Educ.*, vol.32, n.2, pp.143-172.

CUPANI, Alberto (2004): A tecnologia como problema filosófico: três enfoques, *Scientiae Studia*, vol.2, n.4, pp.493-518.

CUPANI, Alberto (2006): La peculiaridad del conocimiento tecnológico, *Scientiae Studia*, vol.4, n.3, pp.353-371.

CUPANI, Alberto (2013): *Filosofia da tecnologia: um convite*, Florianópolis, Ed. da UFSC.

DÍAZ, José A. A. et al. (2003): Creencias sobre la tecnología y sus relaciones con la ciencia, *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias*, vol.2, n.3, pp.1-26.

DIGIRONIMO, Nicole (2011): What is technology? Investigating student conceptions about the nature of technology, *Int. J. Sci. Educ.*, vol.33, n.10, pp.337-352.

DREYFUS, Amos (1992): Content analysis of school textbooks: the case of a technology-oriented curriculum, *Int. J. Sci. Educ.*, vol.14, n.1, pp.2-12.

FOUREZ, Gerard (2003): Crise no ensino de ciências?, *Revista Investigações em Ensino de Ciências*, vol.8, n.2, pp.109-123.

FREIRE, Paulo (1987): *Pedagogia do oprimido*, Rio de Janeiro, Paz e Terra.

GILBERT, John (1992): The interface between science education and technology education, *Int. J. Sci. Educ.*, vol.14, n.5, pp.563-578.

GORDILLO, Mariano M.; GALBARTE, Juan C. G. (2002): Reflexiones sobre la educación tecnológica desde el enfoque CTS, *Revista Iberoamericana de Educación*, n.28, pp.1-28.

LACEY, Hugh (1998): *Valores e Atividade Científica*, São Paulo, Discurso Editorial.

LOPES, Nataly C. et al. (2009): Tendências do movimento CTS em dois eventos nacionais da área de ensino de ciências, *XVIII Simpósio Nacional de Ensino de Física*, Vitória-Espírito Santo, pp.1-10.

MAIZTEGUI, Alberto et al. (2002): Papel de la tecnología en la educación científica: una dimensión olvidada, *Revista Iberoamericana de Educación*, n.28, pp.1-19.

MARTINAND, Jean-Louis (2003): L'éducation technologique à l'école moyenne en France: problèmes de didactique curriculaire, *La revue canadienne de*

l'enseignement des sciences des mathématiques et des technologies, vol.3, n.1, pp.102-116.

MERINO, Noemí Sanz; CERESO, José A. L. (2012): Cultura científica para la educación del siglo XXI, *Revista Iberoamericana de Educación*, n.58, pp.35-59.

MILLER, Jon (1998): The measurement of civic scientific literacy, *Public Understand. Sci*, vol.7, pp.203-223.

NERSESSIAN, Nancy (2002): Maxwell and the Method of Physical Analogy: model-based reasoning, genetic abstraction and conceptual change. En D. MALAMENT (ed.), *Reading Natural Philosophy: essay in the history and philosophy of science and mathematics*. Illinois, Open Court.

NIEZWIDA, Nancy R. A. (2009): A tecnologia como objeto de estudo: tendências de educação tecnológica, *VII Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciência*, Florianópolis - Santa Catarina, pp.1-12.

OSORIO, Carlos (2002): La educación científica y tecnológica desde el enfoque en Ciencia, Tecnología y Sociedad, *Revista Iberoamericana de Educación*, n.28, pp.1-15.

QUINTANILLA, Miguel A. (1998): Técnica y cultura, *Teorema – Revista Internacional de Filosofía – OEI*, vol. XVII, n.3, pp.1-12.

QUINTANILLA, Miguel et al. (2011): *Scientific and Technological Culture in ESO Textbooks*, Instituto de Estudios de la Ciencia y la Tecnología. Salamanca.

RICARDO, Elio C. et al. (2007): A tecnologia como referência dos saberes escolares: perspectivas teóricas e concepções dos professores, *Revista Brasileira de Ensino de Física*, vol.29, n.1, pp.135-147.

SÁ, Marilde B. Z.; SANTIN F., Ourides (2009): Relações entre ciência, tecnologia e sociedade em livros didáticos de química, *Acta Scientiarum*, vol.31, n.2, pp.159-166.

TRIVIÑOS, Augusto N. (1987): *Introdução à pesquisa em ciências sociais: a pesquisa qualitativa em educação*, São Paulo, Atlas.

UTGES, G. (1996): Física y Tecnología: una integración posible, *Caderno Catarinense de Ensino de Física*, vol.13, n.2, pp.108-120.