

# **NANOTECNOLOGIA E NANOCIÊNCIA EM LIVROS DIDÁTICOS DE FÍSICA DO NÍVEL MÉDIO: DISCURSOS SOBRE A TECNOLOGIA E A EDUCAÇÃO CIENTÍFICA E TECNOLÓGICA**

## **NANOTECHNOLOGY AND NANOSCIENCE IN PHYSICS TEXTBOOKS OF HIGH SCHOOL: SPEECHES ABOUT TECHNOLOGY AND SCIENTIFIC TECHNOLOGICAL EDUCATION**

**Paulo N. Lisboa-Filho<sup>1</sup>, Maria A. Monteiro<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>Departamento de Física, Faculdade de Ciências, UNESP - Universidade Estadual Paulista, Bauru, SP, Brasil

<sup>2</sup>Departamento de Física, Centro de Ciências e Tecnologia, UEPB - Universidade Estadual da Paraíba, Campina Grande, PB, Brasil

(Recibido: Julio/2013. Aceptado: Noviembre/2013)

### **Resumo**

Na presente investigação, analisamos as abordagens sobre a nanotecnologia e a nanociência em edições recentes de livros didáticos de Física, do nível médio da educação brasileira. A amostra inicial foi constituída por quinze coleções de livros didáticos de Física de edições recentes, porém, apenas dois livros, pertencentes a coleções distintas incorporam considerações sobre a nanotecnologia e a nanociência em suas abordagens. Focamos a análise em três aspectos, a saber: o lugar dedicado às abordagens sobre a nanociência e a nanotecnologia, as noções sobre a tecnologia e suas contribuições para uma educação científica crítica. Trata-se de uma pesquisa qualitativa, e usamos como referencial teórico da filosofia da tecnologia, da análise de discurso da escola francesa e referenciais ciência, tecnologia, sociedade e ambiente. Constatamos nos dois livros didáticos analisados que as abordagens sobre a nanociência e nanotecnologia encontram-se

contempladas como Física Moderna e Contemporânea, associadas à teoria quântica. O teor das abordagens sobre a nanociência e a nanotecnologia foca superficialmente a gênese do campo de estudo, algumas possíveis áreas de aplicações e em um dos livros, possibilidades futuras bastante fantasiosas. Não identificamos nas abordagens dos livros didáticos alertas quanto aos possíveis riscos à saúde humana e ao meio ambiente, decorrentes da utilização da nanotecnologia e da nanociência. Interpretamos que as abordagens dos livros didáticos sobre a nanotecnologia e a nanociência aproximam-se de uma perspectiva tecnológica instrumental e que se distanciam-se de uma perspectiva de educação científica e tecnológica crítica.

**Palavras chave:** Análise de livros didáticos, abordagens sobre a nanotecnologia e a nanociência, educação científica e tecnológica.

### **Abstract**

In this contribution, we analyze conceptual approaches to nanotechnology and nanoscience in recent issues of secondary education of Brazilian physics textbooks. We analyzed fifteen collections of Physics textbooks of recent editions, however, only two books, belonging to different collections incorporate considerations about nanotechnology and nanoscience in their approaches. We focus our analysis on three aspects, namely: the place dedicated to approaches to nanoscience and nanotechnology, notions about technology and its contributions to critical scientific education. This is a qualitative research; it was used as conceptual approaches the Philosophy of Technology, The Discourse Analysis (DA) and Science, Technology, Society (STS) concepts. We found that in two examined textbooks the approaches to nanoscience and nanotechnology is a complementary description of modern physics, associated with quantum theory. In this context, the concepts of nanoscience and nanotechnology focus superficially in the genesis of the field and some possible areas of applications. It was not identified in all textbooks warnings about the potential risks to human health and the environment from the use of nanotechnology and nanoscience. We understand that textbooks approaches about nanotechnology and nanoscience round a instrumental technological perspective, however keep away from the scientific and technological critical education.

**Keywords:** Analysis of Textbooks, Approaches to Nanotechnology and Nanoscience, Science Education and Technology.

## **Introdução**

Devido ao crescente desenvolvimento alcançado pela nanotecnologia e pela nanociência nas últimas décadas, bem como suas influências em diversas áreas, faz-se necessário uma análise das ideias divulgadas sobre essas, haja vista tratar-se de um campo relativamente recente e que ainda incorpora diversas dúvidas quanto a possíveis implicações e consequências. A seguir, apresentamos um panorama de algumas abordagens sobre a nanotecnologia em meios de divulgações brasileiros, as quais, certamente contribuem para a formação de entendimentos sobre a temática por um público não especializado.

Amorim, por exemplo, analisou as abordagens sobre a nanotecnologia em distintas seções do Jornal Folha de São Paulo, desde a primeira publicação sobre o tema no ano de 1996, até março de 2007, sobretudo focando nas abordagens sobre os efeitos e explicações sobre a nanotecnologia. A amostra foi constituída por 61 textos, dos quais 5 focavam a descoberta da nanotecnologia, porém, não se posicionavam quanto aos seus riscos ou benéficos. Em 7 textos, focaram nos riscos potenciais da nanotecnologia e em 49 textos, os possíveis benefícios, sobretudo para as áreas da saúde e da informática [1].

Invernizzi analisou as abordagens sobre a nanotecnologia e a nanociência em 151 matérias publicadas no boletim Jornal da Ciência, editado pela Sociedade Brasileira para o Progresso da Ciência (SBPC), entre os anos de 2002 a 2007. Os textos enfatizam, sobretudo, ideias relacionadas com futuro, benefícios e eficiência. A maioria dos textos referencia os membros da comunidade científica, notadamente aos físicos. Apenas 10 pesquisadores das áreas das ciências sociais e humanas foram citados. Em apenas 12 textos encontravam-se referências a organizações não governamentais e declarações do público em geral ou de políticos, evidenciando assim uma parcialidade no tocante ao compartilhamento das ideias [2].

Novo et al analisaram as abordagens da Revista Época e da Revista Veja em relação à temática nanotecnologia aplicada aos cosméticos. Constataram que se referem aos diálogos de cientistas e médicos com o intento de propiciar legitimação à notícia. Os autores interpretaram que as abordagens incitam os sujeitos a se tornarem consumidores dos produtos descritos [3].

Novo e Borges analisaram na Revista Boa Forma uma matéria sobre a nanotecnologia relacionada à beleza. Constataram que enfatizam o lado

positivo dos produtos e não alertam os consumidores quanto aos riscos potenciais [4].

As pesquisas anteriores evidenciam que a divulgação das possibilidades e limitações em torno da nanotecnologia e da nanociência em alguns meios de divulgação brasileiros são bastante parciais. Vale salientar que as matérias analisadas contribuem para a formação de uma visão pública acerca da nanotecnologia.

Pelas potenciais influências da nanotecnologia e da nanociência na sociedade, torna-se bastante pertinente uma análise das abordagens desse campo no contexto educacional, haja vista influenciar perspectivas da educação científica e tecnológica. Corroborando com esta, encontram-se recomendações em documentos oficiais brasileiros para que as abordagens sobre as ciências da natureza sejam também focadas nas tecnologias. Recomendam ainda o desenvolvimento de ações no sentido de viabilizar a compreensão das relações entre ciência e tecnologia como integrantes da cultura humana, logo, influenciando as interpretações e construção da visão de mundo dos envolvidos [5].

O objetivo da presente pesquisa é investigar se os livros didáticos de Física do nível médio da educação básica brasileira estão abordando a nanociência e a nanotecnologia e identificar nestas as perspectivas teóricas sobre a tecnologia e suas implicações para a educação científica. O percurso deste será conduzido pelas questões de pesquisa, localizadas em seção específica.

### **Algumas Reflexões Sobre a Tecnologia**

Na contemporaneidade, a tecnologia configura-se como um elemento expressivo e ocupa lugar de destaque na sociedade, com influências em vários contextos. Essa condição levou Feenberg a denominar a tecnologia como um dos metarrelatos do século XXI [6].

Teorizações sobre as tecnologias e implicações decorrentes do seu planejamento e utilização no contexto da sociedade capitalista não são recentes. A partir de distintos contornos teóricos, a tecnologia ocupa posição central em algumas abordagens filosóficas não harmoniosas

entre si, tais como as empreendidas por Heidegger, Marcuse, Habermas, apenas para citar algumas<sup>3</sup>.

A intensa produção e uso da tecnologia na contemporaneidade estão constantemente tomando dimensões mais complexas e igualmente problemáticas. Logo, demandando um debate além do seu próprio contexto, perpassando, sobretudo, pelas questões éticas e ambientais [8]. Há uma perspectiva bastante difundida de que o desenvolvimento tecnológico, por si só, implica desenvolvimento econômico, gerando progresso e bem-estar social. Tal perspectiva carece de reflexão, haja vista situar a tecnologia como um destino e não como uma possibilidade. Segundo Klinge, essa abordagem sobre a tecnologia encontra-se permeada por um excesso de tecnocentrismo e a sua superação não é trivial, haja vista que, à medida que a tecnologia adquire complexidade, aumenta o seu poder de sedução [7].

A perspectiva tecnocêntrica incorpora neutralidade em relação à tecnologia, à medida que esta é afastada dos condicionantes sociais, assumindo então uma dimensão meramente instrumental. Acerca da perspectiva tecnológica instrumental Feenberg assinala:

*“A teoria instrumental oferece a visão mais amplamente aceita da tecnologia. Ela está baseada na ideia de senso comum de que tecnologias são ferramentas prontas para servir aos propósitos de seus usuários”* [6].

Ainda sobre a perspectiva instrumental da tecnologia, Feenberg discute que aquela é percebida como indiferente aos fins de utilização, como também aos fins políticos. Com isso, tencionam incorporar na tecnologia um caráter universal e racional de verdade [9].

Ao contrário da perspectiva anterior, a tecnologia não está alheia ao jogo de interesses sociais. Constituiu-se como um instrumento de poder nas modernas sociedades, atingindo diferentes níveis e manuseada pelos experts das mais diversas áreas, a serviços de grupos. Assim, não basta apenas democratizar o uso das tecnologias, mas, sobretudo a sua formatação [6, 9].

---

<sup>3</sup> A constituição histórica do problema da tecnologia encontra-se no início do século XX, a qual Klinge denomina *o paradoxal século XX* [7].

Figueiredo opina que o ambiente social influencia o próprio projeto do artefato tecnológico e este, o ambiente social. Logo, entre o artefato tecnológico e o sujeito há uma complexa relação de escolhas [10].

No contexto do movimento Ciência, Tecnologia, Sociedade e Ambiente (CTSA), Fourez realça duas perspectivas de compreensão das relações entre a tecnologia e a sociedade. A primeira transcorre em torno do entendimento de que a ciência e a tecnologia levam a humanidade a um futuro melhor. Na segunda, a ciência e a tecnologia não teriam um fim em si, mas estariam orientadas para a ação a partir de uma análise da sociedade contemporânea em seus componentes históricos, sociais, políticos e econômicos [11]. Ou seja, os saberes da tecnologia deveriam ser considerados, porém, não são suficientes para a tomada de decisões. Por sua vez, Fourez alerta que a definição de tecnologia faz parte da escolha de um modelo de sociedade, haja vista que a tecnologia incorpora e materializa interesses da sociedade ou mesmo de grupos sociais hegemônicos [12].

Klinge opina que as tentativas de compreensão das relações entre tecnologia e sociedade são marcadas por duas posições aparentemente antagônicas. De um lado, encontram-se os tecnófilos, ou aqueles que defendem a tecnologia com otimismo. Do lado oposto, os tecnófobos, que reservam vários graus de críticas à tecnologia, inclusive, rejeição. Mesmo assim, segundo o autor, ambos os grupos compreendem as relações entre tecnologia e sociedade apenas em sua dimensão instrumental [7].

Atento aos perigos iminentes da técnica no controle nas ações humanas, Feenberg convida para uma reflexão em torno da perspectiva conflitante no tocante à ausência de clareza com relação à questão de se saber se os seres humanos devem submeter-se à lógica da máquina ou se os seres humanos seriam capazes de controlar a máquina [13].

Vale acrescentar que Feenberg classifica como insustentáveis as proposições que apontam para uma saída a-histórica em relação aos problemas da tecnologia. No entanto, a negação de uma possibilidade de retorno em relação à tecnologia, não significa a condição de refém ao desenvolvimento tecnológico e da aceitação das escatologias teóricas em relação ao progresso contínuo [13, 14].

Feenberg opina que, qualquer que seja a perspectiva filosófica sobre a tecnologia, poderá ser diferenciada a partir de duas questões, a saber: É a

tecnologia neutra ou incorpora valores? O efeito da tecnologia opera a partir de uma lógica autônoma ou poderá ser humanamente controlado? [6, 9, 14].

A partir dos questionamentos anteriores, outra classificação de perspectivas teóricas em relação à tecnologia, elaboradas por Feenberg é a teoria substantiva, presente nos escritos de Jaques Ellul e Heidegger [9]. Nesta perspectiva, a tecnologia é um novo sistema cultural, que controla todos os sistemas sociais. Por isso, é tida como incorporando uma visão tecnofóbica acerca da tecnologia.

### **Reflexões Sobre a Alfabetização Científica e Tecnológica**

A intensa presença da tecnologia na sociedade contemporânea, por si só, já demanda uma alfabetização científica e tecnológica (ACT) em sintonia com tal presença. Ricardo aponta como uma situação paradoxal que os sistemas de ensino geralmente não adotam perspectivas que aproximem o estudo sobre as tecnologias dos conteúdos curriculares. Mesmo assim, quando procedem com abordagens sobre a tecnologia, predominam os aspectos ilustrativos ou motivacionais entre campos de saberes, acrescenta o autor. Ou seja, são abordagens que corroboram com a disseminação da perspectiva tecnocrista, predominantes na atualidade [15].

A partir da perspectiva de que a tecnologia tem suas luzes e suas sombras, conforme pontua Klinge, é imprescindível uma reflexão mais profunda e mais ampla sobre a temática [7]. Sobre essa última perspectiva, faz-se necessário a implementação de uma educação científica e tecnológica que possibilite vislumbrar horizontes além da perspectiva instrumental da tecnologia.

Os saberes científicos, independente da forma como são tratados, já dispõem de lugar assegurado no currículo oficial, notadamente no Brasil. O mesmo não ocorre com o estudo da tecnologia, logo, trata-se de um campo que, a priori, já se coloca diante da educação formal em condição de desigualdade. A partir deste contraste, Ricardo (op. cit.) sugere que as relações entre ciência e tecnologia sejam assumidas como saberes escolares, nos quais a sociedade e o ambiente sejam tratados como cenários. Ou seja, uma ACT a partir do referencial ciência, tecnologia e sociedade (CTS)<sup>4</sup>.

---

<sup>4</sup> Segundo Bazzo, a perspectiva CTS possui vários campos de atuação, tais como política, política pública e educação [16].

Ghiraldelli Jr opina que, no contexto educacional brasileiro, discussões em torno da temática tecnologia e suas repercussões na sociedade ainda não receberam a merecida atenção, apesar da existência de significativos filósofos da educação [17]. Certamente, esta perspectiva tem contribuído para os saberes sobre a tecnologia ainda não terem ocupado patamares significativos no contexto da educação básica brasileira.

A partir da perspectiva anterior, teceremos considerações sobre a ACT a partir de aproximações com o referencial CTS. Acevedo defende que uma ACT no contexto CTS possibilita a compreensão da prática tecnológica em todos os seus relevos [18].

Auler discute que a ACT possui dois encaminhamentos majoritários, a saber: A ACT reducionista e a ACT ampliada. Na perspectiva reducionista, desconsideram a existência da construção subjacente à produção do conhecimento científico e tecnológico, ou seja, fundamentam-se em uma concepção de neutralidade da ciência. Assim, a educação científica e tecnológica reduz-se ao ensino de conceitos para o entendimento de artefatos tecnológicos [19]. Opinamos que esta perspectiva incorpora pressuposições instrumentais acerca da tecnologia. Por outro lado, a perspectiva ampliada da ACT busca uma associação entre as interações da ciência com a tecnologia, com a sociedade e com o ambiente. Assim, opõem-se à perspectiva de neutralidade da ciência e da tecnologia, problematizando os modelos de decisões tecnocráticos e salvacionistas, bem como os valores por eles resguardados. Ou seja, trata-se de uma perspectiva de ACT que incorpora pressuposições críticas acerca da tecnologia e sua relação com a sociedade. A partir de uma perspectiva ampliada da ACT, Auler destaca a possibilidade dos sujeitos assumirem uma visão crítica do mundo, com vista a transformá-lo, colocando-se em prática a substituição das decisões tecnocráticas pelas democráticas [20].

A perspectiva ampliada de educação científica e tecnológica encontra-se em harmonia com as defesas freireanas<sup>5</sup> em torno das pressuposições básica da educação emancipatória. Educação para uma leitura crítica do mundo, possibilitando a problematização e o desvelamento da realidade [21].

Fourez (1997) defende que sem cultura científica e tecnológica, os sistemas democráticos estão cada vez mais vulneráveis à tecnocracia. Logo, trata-se uma perspectiva teórica bastante arriscada, opina o autor [12].

---

<sup>5</sup> Estamos nos referindo ao legado teórico elaborado por Paulo Freire.



Certamente, para a assunção de tecnologia e suas relações com a ciência como um saber escolar, é imprescindível que estes seja trabalhado na formação do professor. Este que completará o elo com a ACT. Caso contrário, por mais desenvolvido que seja o campo de estudo em torno da tecnologia, não haverá ressonância com as práticas dos professores atuantes na educação básica.

### **Perfil da Pesquisa**

O objeto da presente pesquisa são as abordagens sobre a nanotecnologia e a nanociência em livros didáticos de Física da educação básica brasileira.

Buscamos identificar abordagens sobre a nanotecnologia e a nanociência em quinze coleções de livros didáticos, cada uma constituída por três livros. Dos quarenta e cinco livros, apenas em dois livros, pertencentes a duas coleções distintas, abordam a nanociência e a nanotecnologia em suas explicações.

### **Percurso Metodológico**

Com o intento de perseguirmos o objetivo proposto, nos pautaremos nas seguintes questões de pesquisa:

1. Será que os livros didáticos de Física da educação básica brasileira estão contemplando abordagens sobre a nanociência e a nanotecnologia? Onde se encontram estas abordagens?
2. O que os livros didáticos abordam sobre a nanotecnologia e a nanociência e que perspectivas de tecnologia incorporam nos discursos?
3. Qual perspectiva de educação científica e tecnológica se aproximam as abordagens dos livros didáticos sobre a nanociência e nanotecnologia?

### **A seleção Dos Livros Didáticos**

O critério para constituir a amostra dos livros didáticos foi que tivessem sido editados a partir do ano de 2010. Com este critério, selecionamos quinze coleções de livros didáticos brasileiros de Física, com cada coleção constituída por três livros. Dentre estes, apenas dois livros, pertencentes a coleções distintas, abordam a nanotecnologia e a nanociência.

As especificações dos livros didáticos encontram-se na tabela a seguir, nomeados como  $L_1$  e  $L_2$ , a partir da ordem de análise.

<b>Livro</b>	<b>Referência</b>
L <sub>1</sub>	TORRES, C. M. A., FERRARO, N. G., SOARES, P. A. T. Física. Ciência e Tecnologia. v. 3, 2 ed., Editora Moderna, São Paulo: SP, 2010.
L <sub>2</sub>	SANT'ANA, B., MARTINI G., REIS, H. C., SPINELLI, W. Conexões com a Física. v. 3, 1ed., Editora Moderna, São Paulo: SP, 2010.

TABELA 1: Livros didáticos analisados

### Referencias e Procedimentos de Análise

Analizamos as abordagens de cada um dos livros didáticos, especificados individualmente, procurando responder as questões de pesquisa.

A partir da leitura do texto didático, construímos unidades de análise, relacionadas com as questões de pesquisa. A partir destas, os referenciais teóricos foram mobilizados e procedemos com a construção dos discursos. Segundo Pêcheux não é sobre o texto que falará o analista, mas sobre o discurso [22].

Como referencial teórico, utilizamos conceitos da análise do discurso francesa (AD), filosofia da tecnologia e conceitos relacionados com a educação científica e tecnológica.

### Construindo e Analisando os Discursos Dos Livros Didáticos Sobre Nanotecnologia e Nanociência

Na presente seção, procedemos com a construção e análise dos discursos sobre a nanotecnologia e a nanociência, a partir das unidades de análise dos livros didáticos.

#### a. O lugar das abordagens sobre a nanotecnologia e a nanociência nos livros didáticos de Física

Nesta seção, focamos as análises na primeira questão de pesquisa, ou seja, a localização das abordagens sobre a nanotecnologia e a nanociência nos livros didáticos.

Dos quarenta e cinco livros componentes das quinze coleções, apenas dois incorporam abordagens sobre a nanotecnologia e a nanociência. Isto evidencia que aquela não é uma temática prioritária para os autores, apesar das recomendações dos documentos oficiais brasileiros [6] e de pesquisadores, no sentido de abordarem-se os conteúdos da Física relacionando-os com as modernas tecnologias. Porém, não implica que outras abordagens sobre a tecnologia não estejam contempladas pelos livros didáticos.

O livro didático  $L_1$  encontra-se estruturado em duas unidades e estas em capítulos. Em cada capítulo, a abordagem teórica encontra-se estruturada em seções teóricas, respectivamente numeradas e nomeadas. A unidade I, que contempla os quatro primeiros capítulos, intitula-se “Eletricidade e recursos energéticos”. A unidade II, intitulada “Física Moderna e Contemporânea”, contempla os capítulos 5, 6, 7, 8.

O capítulo 6 do livro  $L_1$ , “Física Quântica”, é constituído por nove seções teóricas. A última seção tem nomeação nanotecnologia, explanada em pouco menos de duas páginas e meia do texto. Ou seja, encontra-se em seção específica, no capítulo que contempla a Teoria Quântica.

Semelhantemente ao livro  $L_1$ , o livro  $L_2$  também encontra-se organizado em unidades e estas, constituídas por capítulos e seções teóricas, respectivamente numeradas e nomeadas. O livro  $L_2$  possui 5 unidades e dezoito capítulos. Os 14 primeiros capítulos constituem as 4 primeiras unidades. A unidade 5 “Questões da Física do Século XXI” é constituída pelos capítulos 15, 16, 17 e 18. O capítulo 18, “Desafios da Física do século XXI” é constituído por 3 seções teóricas. A seção teórica 3 é nomeada A nanotecnologia, explanada em 3 páginas do livro.

Assim, em ambos os livros, as abordagens sobre a nanotecnologia encontram-se em seções específicas. Uma destas, em capítulo específico da “Física Quântica” e o outro, em capítulo mais específico da Física do século XXI.

**b. As abordagens sobre a nanotecnologia e a nanociência dos livros didáticos**

Nesta seção, construímos e interpretamos discursos em torno do que os livros didáticos abordam sobre a temática e qual a perspectiva de tecnologia incorporam.

Iniciando a seção teórica 9 “Nanotecnologia”, os autores do livro  $L_1$  afirmam que, neste início de século XXI, existem avanços e retrocessos em todas as áreas da atividade humana, situando a nanotecnologia como um avanço no campo do microcosmo. Exemplificam com a manipulação da matéria e a construção de dispositivos com dimensões da ordem de 100 nanômetros ou menos. Prosseguindo, mencionam que os campos de atuação da nanotecnologia são amplos e complexos, abrangendo desde a construção de nanomecanismos até a síntese de novos materiais.

Situam as idealizações da nanotecnologia nos Demônios de Maxwell, em 1867. Procedem com analogia desses Demônios com os nanorrobôs, ainda em desenvolvimento. Em seguida, afirmam que as primeiras observações sobre as nanopartículas ocorreram no século XX, porém, mencionam que o início do campo é foi constituído a partir da palestra de Feynmann, em 1959. Finalizando esta abordagem inicial, mencionam um feito da nanotecnologia, ocorrido no ano de 2007 – a escrita de uma versão completa a Bíblia Hebraica em uma pequena lâmina de silício. Apresentam uma fotografia desta, depositada sobre um dedo indicador humano, podendo o leitor fazer comparação das dimensões dos dois objetos.

Em um tópico nomeado Campos de atuação da nanotecnologia mencionam cinco características dos materiais nanoestruturados, considerados inovadoras e surpreendentes e, ainda, cinco aplicações na indústria. Prosseguindo, mencionam algumas possibilidades de aplicação da nanorrobótica na medicina e um feito com nanotubos de carbono para o mapeamento de imagens de linfomas, ocorrido em 2009, na Universidade de Arkansas.

Finalizando a abordagem do livro L<sub>1</sub>, os autores discorrem sobre o uso dos computadores de DNA, ainda em desenvolvimento, os quais, segundo os autores, representam uma mudança significativa no processamento de informações.

Pela abordagem anterior, podemos afirmar que os autores silenciam sobre os riscos potenciais da nanotecnologia, apesar de destacarem alguns benefícios. Assim, em relação a esta perspectiva, as abordagens dos livros aqui analisados assemelham-se à maioria das abordagens veiculadas por outros meios de comunicação, conforme as pesquisas de Amorim, Novo e Borges, anteriormente mencionadas [1, 4].

Iniciando a abordagem sobre a nanotecnologia, os autores do livro L<sub>2</sub> creditam à palestra proferida por Feynmann, no ano de 1959, como o marco inicial do campo. Reportam-se a trechos da mencionada palestra, notadamente dos desafios propostos.

Explanam sobre a constituição atômica das mais diversas espécies de matérias, organizadas em moléculas – nomeadas de nanomáquinas da natureza.

Prosseguindo, apontam com a possibilidade de produção de inúmeros produtos a partir da organização dos átomos. Reportam-se a organização dos ribossomos que produzem as diversas proteínas e estas, os aminoácidos, a partir das respectivas organizações.

Em seguida, creditam a Feymann a idealização da nanotecnologia, a qual envolve a Física, a Química e a Engenharia. Acrescentam que a partir de 1980, uma série de fatores econômicos e tecnológicos possibilitaram a concretização das idealizações sobre a nanotecnologia.

Os autores focam nos três requisitos para a manipulação dos átomos. Acerca desta, apresenta três requisitos.

1. Capacidade para mover os átomos para a posição desejada, condição alcançada com a microscopia de força atômica na década de 1990.
2. A manipulação atômica deverá ser feita por nanomáquinas, capazes de serem programadas para tal. Acrescenta que uma nanomontadora levaria milhares de anos para produzir um único produto e teríamos que ter bilhões ou trilhões destas para se montar em um tempo razoável.
3. Acrescenta que as montadoras seriam produzidas por outras nanomáquinas, chamadas copiadoras (apresenta figura possível). Acrescentam que todas trabalhariam em conjunto, na produção de bens de consumo, substituindo completamente a mão de obra convencional. Logo, esses bens seriam bem mais baratos que os convencionais.

Prosseguindo com a explanação, os autores afirmam que, qualquer coisa poderia ser produzida com as nanomontadoras, inclusive água e alimentos, resolvendo alguns problemas do planeta. Que também seria possível a montagem de nanocomputadores, com uma capacidade inesgotável de armazenamento. Outra possibilidade citada seria na área médica, onde os nanossensores reconstruiriam tecidos, assim como eliminariam os cancerígenos a ação de vírus no organismo. A face de uma pessoa poderia ser modificada por cirurgia plástica, realizada com precisão e sem cicatrizes.

Os autores do livro  $L_2$  também mencionam que nanorobôs poderiam eliminar gases do efeito estufa e reconstruírem a camada de ozônio, combatendo assim o aquecimento global.

Finalizando, afirmam que as possibilidades que a nanotecnologia pode criar parecem inacreditáveis. Porém, é duvidoso se teriam impactos

positivo ou negativos, controláveis ou incontroláveis sobre o meio ambiente. Mas, que mudará radicalmente o modo de vida sobre a Terra. Explanada em uma página do texto, encontra-se a seção “Para saber mais. Saber físico e tecnologia”. Nesta, há uma explanação intitulada “Os nanotubos”, sobre os quais se mencionam algumas das suas propriedades físicas e evolução.

Interpretamos que as abordagens sobre a nanotecnologia do livro L<sub>2</sub> transcorrem em torno de alguns aspectos da constituição da área, seguido por um relato que se assemelha a ficção em relação às possibilidades criadas pela nanotecnologia. Mesmo assim, pontuam uma pequena dúvida sobre os seus impactos positivos e negativos.

Para a AD, o silêncio (o não dito) também é discurso, logo, possui significado. O silêncio é efeito de sentido entre interlocutores [23]. Assim, do fato de dos autores dos livros didáticos não mencionarem os riscos potenciais da nanotecnologia, mas, destacarem os seus benefícios, emerge um alinhamento com a perspectiva tecnocrática em relação à tecnologia.

### *c. Noções de tecnologia e vínculos com a educação científica e tecnológica*

Conforme evidenciado na seção anterior, as abordagens dos livros didáticos L<sub>1</sub> e L<sub>2</sub> sobre a nanotecnologia encontram-se centradas em descrições da gênese da área e em seguida, de algumas aplicações e possíveis possibilidades futuras. Além dessas, no livro L<sub>2</sub>, os autores enfatizam possíveis construções nanotecnológicas que se assemelham à ficção científica.

Pelo teor das considerações anteriores, podemos afirmar que desses textos emergem um sentido que não se alinha com as abordagens da ACT ampliada, mas com a reduzida, conforme pontuado por Auler [19]. Pelo otimismo colocado em relação à nanotecnologia, interpretamos nos discursos dos autores dos livros didáticos as marcas de pressuposições tecnófilas, conforme conceituação de Klinge [7]. Ou seja, os autores percebem a tecnologia nano com tamanho otimismo, o qual inviabiliza se tornarem críticos em relação a eventuais riscos e danos ambientais propiciados pela mesma.

### **Considerações Finais**

Pelo quantitativo de livros analisados, ou seja, quarenta e cinco livros didáticos pertencentes a quinze coleções distintas, mas constatando-se abordagens sobre a nanotecnologia e a nanociência apenas em dois livros

pertencentes a coleções distintas, interpretamos que a mencionada temática não é prioritária para os autores dos livros didáticos brasileiros de Física destinados à educação básica.

Pela constatação anterior, interpretamos que, em certa medida, há um descompasso entre as recomendações dos documentos oficiais brasileiros no tocante ao vínculo entre a ciência, especificamente a Física e a inserção de abordagens sobre as novas tecnologias na educação básica, conforme sugerido pelas Orientações Curriculares Para o Ensino Médio [5].

Além do silêncio da maioria dos livros didáticos no tocante às abordagens sobre a nanotecnologia e a nanociência, constatamos também que, as abordagens dos dois livros sobre a temática, alinham-se com a perspectiva de uma ACT reduzida, no sentido proferido por Auler [19]. Essa perspectiva não se aproxima com a possibilidade de construção de uma educação científica crítica.

Sugerimos então que, para as abordagens sobre a nanotecnologia dos livros didáticos harmonizarem-se com uma perspectiva de ACT ampliada é imprescindível que as atuais abordagens dos livros didáticos sejam reavaliadas, haja vista ser este um dos materiais mais influentes no contexto educacional.

## Referências

- [1] T. Amorim. Nanotecnologia na Imprensa: Análise de Conteúdo do Jornal Folha de São Paulo. Em Tese, v. 4, n. 2 (2), jan-jul (2008), pp 20-36.
- [2] N. Invernizzi, Visões de Futuro: Nanociência e Nanotecnologia no Jornal da Ciência. VII Jornadas Latinoamericanas de Estudios Sociales de la Ciencia y Tecnología: Rio de Janeiro, 2008. Disponível em: <http://www.necso,ufrrj.br/esocite2008>, (2012).
- [3] M. S. Novo et al. Análise de Fiscurso na Mídia: Nanotecnologia, Uma Nova Revolução. III Simpósio Nacional de Tecnologia e Sociedade, Curitiba: PR, (2009).
- [4] M. S. Novo, E. L. Borges. Nanotecnologia e as Constituições de Gênero. VIII Congresso Iberoamericano de Ciência, Tecnologia e Gênero: Curitiba, 2010. Disponível em: <http://www.ppgte.ct.utfpr.edu.br/eventos/cictg> (2012).
- [5] BRASIL. Orientações Curriculares Para o Ensino Médio. Ciências da Natureza, Matemática e Suas Tecnologias. v. 2, Secretaria da

- Educação Básica, Ministério da Educação e Cultura, Brasília: DF (2006).
- [6] A. Feenberg. *Critical Theory of Technology*. New York: Oxford University Press, (1991), p 5.
- [7] G. D. Klinge. *Tecnologia, Utopia e Cultura*. Localizado em <http://www.fides.org.br/artigo08.pdf>, (2006).
- [8] M. Bursztyn, R. S. Bartholo Jr. *Prudência e Utopismo*. In: M. Bursztyn (org.). *Ciência, Ética e Sustentabilidade*. 2 ed. São Paulo, SP: Cortez; Brasília, DF: UNESCO (2001).
- [9] A. Feenberg. *Transforming Technology: A Critical Theory Revisited*. New York: Oxford University Press (2002).
- [10] V. Figueiredo. *Produção Social da Tecnologia*. São Paulo, SP: EPU (1989).
- [11] G. Fourez. *El Movimiento Ciencia, Tecnología y Sociedad (CTS) y la Enseñanza de las Ciencias*. *Perspectivas UNESCO*, v.XXV, n.1, mar (1995), pp 27-40.
- [12] G. Fourez. *Alfabetización Científica y Tecnológica: Acerca de Las Finalidades de la Enseñanza de las Ciencias*. Buenos Aires: Ediciones Colihue (1997).
- [13] A. Feenberg. *Alternative Modernity: The Technical Turn in Philosophy and Social Theory*. California: University of California Press (1995).
- [14] A. Feenberg. *Questioning Technology*. 3 ed. London; New York: Routledge; Taylor & Francis Group (2001).
- [15] E. C. Ricardo. *Educação CTSA: Obstáculos e Possibilidades Para Sua Implementação no Contexto Escolar*. *Ciência & Ensino*, vol. 1, especial, nov (2007).
- [16] W. Bazzo. *Introdução aos Estudos da Ciência, Tecnologia e Sociedade*. OEI (2003).
- [17] P. Ghirardelli Jr. *O Ensino na Internet Dentro de Uma Filosofia da Educação de Esquerda*. <http://www.pedagogia.pro.br/info-educacao.htm> (2004).
- [18] J. A. Acevedo Díaz, J. A. *La Tecnología en las Relaciones CTS: Una Aproximación al Aema*. *Enseñanza de las Ciencias*, vol.14, n.1, (1996), pp 35-44.
- [19] D. Auler. *Alfabetização Científico-Tecnológica para quê? Ensaio*. *Belo Horizonte*: v. 3, n. 2, (2001), p 105-115.
- [20] D. Auler. *Alfabetização Científico-Tecnológica: Um Novo Paradigma? Ensaio – Pesquisa Educacional em Ciências*, v.5, n. 1, mar (2003), pp 1-16.
- [21] P. Freire. *Pedagogia da Autonomia. Saberes Necessários a Prática Educativa*. 33 ed. São Paulo, SP: Paz e Terra (2006).



- [22] M. Pêcheux. *O Discurso. Estrutura ou Acontecimento*. 4 ed. Campinas, SP: Pontes Editores (2006).