

A abordagem CTS em propostas de ensino da nanotecnologia

The STS approach in nanotechnology teaching proposals

Izabela Paulini de Jesus

Universidade Federal do Paraná

izabelapj@ufpr.com.br

Leonir Lorenzetti

Universidade Federal do Paraná

leonirlorenzetti22@gmail.com

Ivanilda Higa

Universidade Federal do Paraná

ivanilda@ufpr.br

Resumo

A nanotecnologia vem sendo considerada por agentes da *noosfera* como uma temática importante a ser trabalhada na Educação Básica. Uma das estratégias utilizadas para o ensino da nanotecnologia é a abordagem CTS que, se bem empregada, possibilitará aos estudantes compreender e problematizar como a nanotecnologia vem se tornando um “estranho íntimo das pessoas”. Assim, o objetivo dessa pesquisa é compreender como as propostas de ensino da nanotecnologia se apropriam da abordagem CTS. Por meio de uma revisão de literatura, identificaram-se oito publicações que datam a partir de 2007. Esses trabalhos foram analisados utilizando uma grade de análise, cujos critérios avaliam como ocorre tal abordagem. Dessa forma, os resultados indicaram uma pluralidade quanto às apropriações da abordagem CTS pelas propostas de ensino da nanotecnologia. Ressalta-se a necessidade de problematizar quais são os objetivos para o ensino da nanotecnologia e de que forma as estratégias permitirão alcançá-los.

Palavras chave: Ensino da Nanotecnologia, Abordagem CTS, Revisão de Literatura

Abstract

Nanotechnology has being considered by the *noosphere's* agents as an important issue to be studied in Basic Education. One strategy for nanotechnology teaching is the STS approach

which, if coherent employed, will enable students to understand and to question how nanotechnology has been increasing worldwide and becoming a "strange intimate of people". So, this research has the aim to understand how nanotechnology teaching proposals appropriate the STS approach. Through a literature review, we identified eight publications dating from 2007. These publications were analyzed using an analysis grid, the criteria evaluate how the STS approach is adopted by such proposals. The results indicated a plurality of appropriations the STS approach for nanotechnology teaching proposals. We emphasize the need to discuss what are the goals for nanotechnology teaching and how the strategies can help to reach these goals.

Key words: Nanotechnology Teaching, STS Approach, Literature Review

O ensino da nanotecnologia e a abordagem CTS

A nanotecnologia vem sendo considerada como um tema importante a ser trabalhado na Educação Básica por agentes da *noosfera*¹. Nesse sentido, há apontamentos para o ensino da nanotecnologia nas *Orientações Curriculares para o Ensino Médio* (BRASIL, 2006) e também nas *Diretrizes Nacionais para a Educação Básica* (BRASIL, 2013). No ensino da nanotecnologia é fundamental uma abordagem crítica e reflexiva, a fim de contribuir com a formação cidadã dos estudantes. Além disso, o ensino da nanotecnologia não deve se restringir à apresentação das aplicações dessa tecnologia e à preparação dos estudantes para o mundo do trabalho a ela relacionado, mas também deve auxiliá-los na construção de um pensamento crítico a respeito da nanotecnologia em seu cotidiano e contribuir para que possam se posicionar perante esse processo.

Admite-se que os brasileiros já estão em contato com a nanotecnologia, seja de forma direta, como consumidores, seja de forma indireta, através dos meios de comunicação. Assim, a nanotecnologia pode ser considerada um “estranho íntimo das pessoas” por dois motivos principais, segundo Peter Schulz: por ser um “assunto pouco debatido fora da academia e da indústria” e a “educação científica ainda ser incipiente na sociedade” (ALVES-FILHO, 2008).

Nesse sentido, o ensino de Ciências contribuirá para reverter esse processo se considerar principalmente a ciência como uma “atividade com implicações sociais” e, conseqüentemente, “que o ensino não se limite aos aspectos internos à investigação científica, mas à correlação destes com questões políticas, econômicas e culturais” (KRASILCHIK, 2000, p. 89).

A Educação Científica incorporou, assim, elementos do movimento Ciência, Tecnologia e Sociedade (CTS) a fim de desenvolver a articulação entre esses três eixos e trazer uma nova abordagem para a Educação em Ciências. O movimento CTS originou-se “dos movimentos sociais das décadas de 60 e 70” devido à insatisfação com os rumos tomados pelo desenvolvimento da ciência e da tecnologia (SANTOS; MORTIMER, 2002, p. 95).

¹ Noosfera é um conceito, cunhado por Chevallard (1991), que se refere ao conjunto de agentes que influenciam de alguma forma no sistema de ensino, tais como professores, pais, alunos, órgãos governamentais, pesquisadores e editores de livros didáticos e manuais de professores.

A fundamentação teórica a respeito da abordagem CTS que subsidiou as análises das propostas de ensino da nanotecnologia será apresentada junto aos resultados, a fim de facilitar a compreensão dos critérios e das interpretações. Nesse sentido, a presente investigação pretende responder o seguinte problema de pesquisa: como a abordagem CTS é apropriada pelas pesquisas a respeito do ensino da nanotecnologia?

Procedimentos Metodológicos

A revisão de literatura foi realizada por meio da ferramenta de busca *Google Acadêmico*, visto que essa permite localizar trabalhos acadêmicos oriundos de diversos meios de publicação, tais como periódicos, eventos científicos, dissertações e teses. Pesquisou-se pelas palavras-chave “ensino+CTS+nanotecnologia”, resultando em 208 trabalhos publicados até janeiro de 2015. Em seguida, utilizou-se a ferramenta de localização de palavras para compreender em que contexto o termo *nanotecnologia* aparece. Assim, os trabalhos que apresentam propostas de inserção da nanotecnologia no ensino explicitamente por meio da abordagem CTS foram selecionados. Muitos trabalhos somente citavam a nanotecnologia como um tema relevante para a Educação Básica e, assim, não constituíram o *corpus* da pesquisa. Sob tais critérios, oito publicações foram selecionadas e analisadas a partir de uma grade de análise. Os critérios dessa grade serão descritos a seguir e foram estabelecidos a partir da leitura dos trabalhos do *corpus* e dos principais referenciais para o enfoque CTS.

Resultados e Discussões

Perfil das publicações

Os trabalhos são oriundos de quatro principais meios de publicação: monografias (SUMAN, 2009; BEZERRA, 2014); dissertações (CIMA, 2007; GAMA, 2013); artigos de periódicos científicos (PEREIRA; BAZZO; BORGES, 2008; REBELLO *et al*, 2012); e eventos científicos (BISPO; MATHIAS; AMARAL, 2012; SANTOS; KATO, 2013). As publicações analisadas datam a partir de 2007, no entanto uma revisão de literatura aponta que as primeiras propostas de inserção da nanotecnologia no Ensino Médio, não necessariamente relacionadas à abordagem CTS, datam de 2005 (PAULINI-JESUS; HIGA, 2014). Não foram encontrados trabalhos de tese de doutoramento. Dentre as oito publicações analisadas, apenas duas não foram desenvolvidas em sala de aula.

Quanto ao nível de ensino, dentre as oito publicações analisadas, há seis propostas destinadas ao Ensino Médio, uma proposta desenvolvida no Ensino Superior (Curso de Licenciatura) e uma foi trabalhada com estudantes do nono ano do Ensino Fundamental. Das seis propostas para o Ensino Médio, quatro foram implementadas e duas foram elaboradas por licenciandos, mas não foram desenvolvidas em aula. O maior número de publicações está relacionada à Física (n=4), seguida pela Biologia (n=2) e pela Química (n=1), além da disciplina de Ciências (n=1) do Ensino Fundamental.

Os autores mais citados nos trabalhos analisados foram Wildson Luiz Pereira dos Santos (n = 5 - citado por 5 publicações), Walter Antonio Bazzo (n=4) e Décio Auler (n=2). Os artigos de

Pinheiro, Silveira e Bazzo (2007) e Auler e Bazzo (2001) foram indicados em três dos oito trabalhos analisados. Auler, Bazzo e Santos são considerados, por Chrispino *et al* (2013), os autores mais citados em artigos da área de Ensino de Ciências que mencionam os termos *ciência, tecnologia e sociedade*. Apesar de adotar explicitamente o enfoque CTS, um trabalho analisado indica Gérard Fourez como autor de referência para a perspectiva da alfabetização científica (CIMA, 2007), embora não tenha indicado explicitamente os autores que constituem o referencial teórico para tal enfoque.

Abordagem CTS em propostas de ensino da nanotecnologia

Os seguintes critérios da grade de análise foram empregados: i) uso do termo CTS ou CTSA (Ciência, Tecnologia, Sociedade e Ambiente); ii) associação entre enfoque CTS e a ACT (Alfabetização Científica e Tecnológica); iii) contexto local e/ou global; iv) atividade de tomada de decisão (TD) e v) modalidade do enfoque CTS, segundo (PALACIOS *et al*, 1996 *apud* PINHEIRO; SILVEIRA; BAZZO, 2007, p.76-77). A seguir apresenta-se cada critério, explicitando-se inicialmente a fundamentação teórica que o embasa e posteriormente os resultados das análises.

i) Uso do termo CTS ou CTSA.

Para a análise do emprego das siglas CTS ou CTSA admite-se a afirmação que “o objetivo central do movimento CTSA acrescenta aos propósitos de CTS a ênfase em questões ambientais, visando a promoção da educação ambiental” (SANTOS 2007, s. p.). Nesse sentido, deve-se optar pelo termo CTSA quando se tem como foco a Educação Ambiental.

Das oito publicações analisadas, identificou-se três que utilizam a sigla CTSA e que problematizam as questões ambientais relativas à nanotecnologia. No entanto, tais publicações não focam a Educação Ambiental e, portanto, poderiam empregar a sigla CTS. Apesar de não se dedicarem à Educação Ambiental, é importante que as propostas e o ensino da nanotecnologia desenvolvam os debates sobre as questões ambientais a fim de problematizá-las junto aos estudantes.

ii) Associação entre enfoque CTS e a Alfabetização Científica e Tecnológica (ACT).

Adota-se que a principal associação entre CTS e ACT é: “o objetivo central de educação de CTS no ensino médio é desenvolver a alfabetização científica e tecnológica dos cidadãos, [...]” (SANTOS; MORTIMER 2002, p. 5). Neste sentido, a abordagem CTS é uma das estratégias para alcançar a ACT dos estudantes. Ressalta-se, no entanto que, segundo Sasseron e Carvalho (2011), há vários termos relacionados à ACT que definem “o ensino de ciências preocupado com a formação cidadã dos alunos para ação e atuação em sociedade”. Assim tais variações como, por exemplo, *letramento científico* e *enculturação científica*, foram consideradas nessa análise.

As análises evidenciaram que o referencial da ACT é adotado por duas publicações, a AC embasa dois trabalhos e a “aculturação científico-tecnológica” é a fundamentação admitida por um trabalho analisado (Suman 2009, p.10). Em relação às associações estabelecidas por esses cinco trabalhos, três afirmam que o objetivo da abordagem CTS é desenvolver a ACT ou a *aculturação*, naquele sentido indicado por Santos e Mortimer (2002). Uma publicação afirma que a inserção da nanotecnologia no ensino é uma forma de efetivar a ACT,

associando, portanto, a ACT não à abordagem CTS, mas àquela inserção (BEZERRA, 2014, p. 29). Outro trabalho define, caracteriza e defende a necessidade da ACT, mas não explicita a relação entre ACT e CTS. Portanto, as propostas analisadas adotam o enfoque CTS sem necessariamente discutir a ACT e quando trazem conjuntamente esses referenciais não necessariamente os associa um ao outro.

iii) Contexto local e/ou global.

A abordagem CTS pode abranger um contexto local ou global, envolvendo elementos ligados ao cotidiano do estudante ou relacionados a questões mais amplas, respectivamente. No entanto, cabe lembrar que a exemplificação com questões do cotidiano do aluno não significa empregar uma abordagem CTS, conforme discutem Santos e Mortimer (2002).

Todas as propostas analisadas empregam uma abordagem global, não relacionando a nanotecnologia com o cotidiano dos alunos. Considera-se que apresentar produtos da nanotecnologia não é uma abordagem local, visto que não fica explícito se há a preocupação em trabalhar com produtos nanotecnológicos presentes no cotidiano dos estudantes. Uma possibilidade de empregar a abordagem local é indicar produtos que contêm nanopartículas e solicitar que os estudantes levem tais produtos para a sala de aula, se possível. No entanto, cabe lembrar que a regulamentação brasileira vigente não determina que os rótulos dos produtos informem o emprego de substâncias em tamanho nanométrico em sua composição, portanto tais rótulos apenas informam quais as substâncias presentes e não a dimensão dessas. Considerando isso, pode-se solicitar aos estudantes que identifiquem, por exemplo, nas embalagens de filtros solares a substância *Titanium Dioxide* ou *Dióxido de Titânio*, que sabidamente está em tamanho nanométrico nesses produtos (FUNDACENTRO, s. d.), porém não identificado nos rótulos. Assim, sugere-se discutir essa questão junto aos estudantes, analisando os diversos interesses envolvidos e debatendo sobre os benefícios e prejuízos dessa rotulagem principalmente para os consumidores, os empresários, o governo e o ambiente. Ressalta-se ainda a importância de, após o debate, solicitar que cada estudante apresente seu posicionamento quanto ao uso desse produto e explicita os motivos e valores considerados para tal, constituindo-se como uma possível atividade de tomada de decisão.

iv) Atividades de tomada de decisão (TD).

O critério de analisar as atividades de TD nas publicações foi adotado tomando-se como referência que “o principal objetivo dos cursos CTS é capacitar os alunos para a tomada de decisão e para uma ação social responsável” (SANTOS; MORTIMER, 2011, p. 97). Esses autores, baseados em vários trabalhos de Solomon, apontam que “a explicitação de valores é fundamental para que os estudantes possam começar a compreender não somente seus próprios valores, mas também os de outras pessoas [...]” (p. 105). Nesse sentido, não somente os conhecimentos científicos são utilizados para a TD, mas também valores pessoais.

Do total de oito publicações analisadas, apenas uma explicitou ter desenvolvido atividades de TD, no entanto, tais atividades são consideradas fundamentais em uma abordagem CTS por cinco publicações que não desenvolvem a atividade analisada. Um debate pode potencialmente envolver a TD, dependendo do direcionamento da atividade. Dentre as oito publicações, cinco mencionam o desenvolvimento de debates que geralmente problematizam questões éticas, sociais, políticas, de saúde e meio ambiente em relação à nanotecnologia. No entanto, não foi possível identificar claramente se esses debates envolveram atividades de TD.

A única publicação que contempla tal atividade relata o desenvolvimento do “Jogo dos Papéis” (CIMA, 2007). Nesse jogo, há um debate em torno dos diferentes pontos de vista sobre a possibilidade de instalação de um laboratório de pesquisa em nanotecnologia. Ao final do debate, os estudantes devem votar “em segredo” concordando ou não com essa instalação e o resultado da votação deve ser “acatado por todos”. Apesar de os estudantes manifestarem várias visões sobre a temática discutida, ao final do jogo eles tomam suas decisões e votam “em segredo”. Dessa maneira, interpreta-se que na aula não houve a manifestação e compreensão dos valores que fundamentaram a TD dos estudantes. Cabe lembrar que Santos e Mortimer (2011, p. 103) defendem uma tomada de decisão para a ação social responsável e, nesse sentido, é necessária uma tomada de decisão responsável “caracterizada por uma explícita consciência dos valores que a orientou”. Assim, a explicitação dos motivos que levam a determinada tomada de decisão pode proporcionar aos estudantes o desenvolvimento do autoconhecimento e o reconhecimento perspectivas diferentes sobre um problema.

v) Modalidade do enfoque CTS.

Para a análise, três modalidades do enfoque CTS foram consideradas, as quais distinguem proporções entre conceitos científicos e temas CTS. Tais modalidades são descritas a seguir.

- *Enxerto CTS*: introdução de temas CTS nas disciplinas de ciências, abrindo discussões e questionamentos de que seja ciência e tecnologia. [...]

- *Ciência e Tecnologia por meio de CTS*: estrutura-se o conteúdo científico por meio do CTS. [...]

- *CTS puro*: ensina-se ciência, tecnologia e sociedade por intermédio do CTS, no qual o conteúdo científico tem papel subordinado. (PALACIOS *et al.*, 1996 *apud* PINHEIRO; SILVEIRA; BAZZO, 2007, p.76-77)

Para elucidar melhor essas categorias, Santos (2011) explica que na primeira modalidade descrita o enfoque CTS é secundário aos conteúdos escolares, já na segunda modalidade os conceitos científicos são subordinados aos temas CTS, esses constituindo o enfoque principal. Na terceira modalidade as discussões CTS são prioritárias e os conceitos científicos aparecem de forma complementar. Tais modalidades são utilizadas para análise das propostas.

Cinco trabalhos foram considerados como *enxerto CTS*, pois privilegiam os conceitos e, geralmente, as questões que relacionam CT à sociedade são as últimas a serem trabalhadas nas sequências de atividades propostas. Não foi possível determinar a modalidade de três propostas devido à falta de detalhamento dessas. Tal detalhamento pode ser decorrente da limitação do número de páginas para publicação do trabalho e/ou porque as publicações não têm como foco principal o ensino da nanotecnologia, pois um dos trabalhos investiga a formação inicial de professores e os outros dois trabalhos pesquisam o uso recursos e estratégias no ensino de ciências, como as histórias em quadrinho e as situações-problema.

Considerações Finais

Por meio dessa pesquisa identificou-se uma pluralidade de apropriações em relação à abordagem CTS pelas propostas de ensino da nanotecnologia analisadas. Tal pluralidade pode estar relacionada à diversidade de autores e perspectivas adotadas pelas publicações e também à não adoção de referenciais, no caso de uma das publicações analisadas. Strieder e

Kawamura (2006, s. p.) também apontam, nesse sentido, que “o lema CTS abarca uma série de sentidos e significados. Essa diversidade reflete a própria complexidade das questões envolvidas e, de certa forma, confere ao lema uma abrangência muito maior”. Assim, as abordagens CTS podem e são empregadas segundo as diferentes necessidades, contextos, públicos e objetivos para a Educação em Ciências.

A abordagem CTS potencialmente possibilita compreender e questionar como a nanotecnologia vem tornando-se um “estranho íntimo das pessoas” e proporciona aos estudantes entrar em contato com diferentes visões sobre essa tecnologia para, então, posicionar-se em relação à temática. Ressalta-se assim a necessidade de problematizar como as estratégias e abordagens permitirão alcançar os objetivos tanto para o ensino da nanotecnologia quanto para a formação dos estudantes.

Agradecimento

À CAPES pela concessão de bolsa de mestrado.

Referências

- ALVES-FILHO, M. O estranho íntimo. **Jornal da Unicamp**, Edição Temática- 402, 2008.
- AULER, D.; BAZZO, W. A. Reflexões para a implementação do movimento CTS no contexto educacional brasileiro. **Ciência & Educação**, v. 7, n. 1, p. 1–13, 2001.
- BEZERRA, D. A. **Utilizando Quadrinhos como motivação para a introdução da nanotecnologia na Educação Básica através da construção de uma escala decimal**. Monografia do Curso de Graduação em Física da Universidade Estadual da Paraíba, 2014.
- BISPO, M. L. P.; MATHIAS, G. N.; AMARAL, C. L. C. Desenvolvimento de projetos de trabalho com enfoque CTS entre alunos de licenciatura em Biologia. II Seminário Hispano Brasileiro - CTS. **Anais...** p. 457–466, 2012.
- BRASIL, **Orientações Curriculares para o Ensino Médio - Ciências da Natureza, Matemática e suas Tecnologias**, 2006.
- _____, **Diretrizes Curriculares Nacionais para Educação Básica**, 2013.
- CHEVALLARD, Y. **La Transposición Didáctica**. Argentina: Editora Aique, 1991.
- CHRISPINO, A.; LIMA, L. S.; ALBUQUERQUE, M. B.; FREITAS, A. C. C.; AURÉLIO, M.; SILVA, F. B. A área CTS no Brasil vista como Rede Social: Onde Aprendemos? **Ciência & Educação**, v. 19, n. 2, p. 455–479, 2013.
- CIMA, V. A. **Tópicos de ciência e tecnologia contemporâneas na Educação Básica: retratos de um desafio docente**, 2007. Dissertação do Programa de Pós-Graduação em Educação Científica e Tecnológica da Universidade Federal de Santa Catarina.
- FUNDACENTRO. Sem Data. **Filtro Solar**. Disponível em: <<http://www.fundacentro.gov.br/nanotecnologia/filtro-solar>>. Acesso em: 12/11/2013.

GAMA, C. F. **Uma proposta para o Ensino de nanociência e da nanotecnologia nas aulas de Física do Ensino Médio**. Dissertação de Mestrado do Programa de Pós-Graduação Interunidades em Ensino de Ciências da Universidade de São Paulo, 2013.

KRASILCHIK, M. Reformas e realidade - o caso do ensino das ciências. **São Paulo em Perspectiva**, v. 14, n. 1, p. 85–93, 2000.

PAULINI-JESUS, I.; HIGA, I. Nanotecnologia e Ensino Médio: uma revisão bibliográfica sobre propostas didáticas. IV Simpósio Nacional de Ensino de Ciência e Tecnologia. **Anais...** Ponta Grossa-PR, 2014.

PEREIRA, C. R. S.; BASSO, N. R. S.; BORGES, R. M. R. Unidade de aprendizagem sobre citologia e nanotecnologia: um novo olhar ao século XXI. **Experiências em Ensino de Ciências**, v. 3, n. 3, p. 7–17, 2008.

PINHEIRO, N. A. M.; SILVEIRA, R. M. C. F.; BAZZO, W. A. Ciência, Tecnologia e Sociedade: a relevância do enfoque CTS para o contexto do ensino médio. **Ciência & Educação**, v. 13, n. 1, p. 71–84, 2007.

REBELLO, G. A. F.; ARGYROS, M. M.; LEITE, W. L. L.; SANTOS, M. M.; BARROS, J. C.; SANTOS, P. M. L.; SILVA, J. F. M. Nanotecnologia, um tema para o Ensino Médio utilizando a abordagem CTSA. **Química Nova Escola**, v. 34, n. 1, p. 3–9, 2012.

SANTOS, C. G. M. M.; KATO, D. S. Limites e possibilidades do uso de situações problemas como recurso pedagógico: os temas controversos sócio científicos e as relações CTSA como perspectiva para o ensino de ciências. IX ENPEC - Encontro Nacional de Pesquisas em Educação em Ciências. **Anais...** Águas de Lindóia- São Paulo, 2013.

SANTOS, W. L. P. Contextualização no ensino de ciências por meio de temas CTS em uma perspectiva crítica. **Ciência & Ensino**, v. 1, 2007.

_____. Significados da educação científica com enfoque CTS. In: SANTOS, W. L. P.; AULER, D. (Eds.). **CTS e Educação Científica: desafios, tendências e resultados de pesquisas**. Brasília: Editora da Universidade de Brasília, 2011.

SANTOS, W. L. P.; MORTIMER, E. F. Tomada de decisão para ação social responsável no ensino de ciências. **Ciência & Educação**, v. 7, n. 1, p. 95–111, 2001.

_____. Uma análise dos pressupostos teóricos da abordagem C-T-S (Ciência- Tecnologia - Sociedade) no contexto da educação brasileira. **ENSAIO Pesquisa em Educação em Ciências**, v. 2, n. 2, p. 1–23, 2002.

SASSERON, L. H.; CARVALHO, A. M. P. DE. Alfabetização científica: uma revisão bibliográfica. **Investigações em Ensino de Ciências**, v. 16, n. 1, p. 59–77, 2011.

STRIEDER, R. B.; KAWAMURA, M. R. Panorama das Pesquisas pautadas por Abordagens CTS. VII Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências. Florianópolis- Santa Catarina. **Anais...**, 2006.

SUMAN, P. H. **Análise de uma experiência orientada ao desenvolvimento da cultura científico-tecnológica de alunos do ensino médio envolvendo o campo da nanociência e nanotecnologia**. Trabalho de Conclusão de Curso de Licenciatura em Física da Faculdade de Engenharia da Universidade Estadual Paulista, 2009.