

NANOTECNOLOGIA E ENSINO DE CIÊNCIAS À LUZ DO ENFOQUE CTS: UMA VIAGEM A LILLIPUT

***Nanotechnology and the teaching of sciences and the
STS approach: a travel to Lilliput***

Rodrigo Siqueira-Batista^{1,2} - rsiqueirabatista@terra.com.br

Roberto Rômulo de Medeiros-Souza¹ - robertoromulo@gmail.com

Luciana Maria-da-Silva² -lumster@bol.com.br

Cláudio Aprigio da Silva² - claudinho.dtbr7@hotmail.com

Henrique Jannuzzelli Pires-do-Prado¹ - monfas@hotmail.com

Giselle Rôças² - grocas@gmail.com

1. Centro Universitário Serra dos Órgãos – UNIFESO –, Curso de Graduação em Medicina, Av. Alberto Torres, 111, Alto, Teresópolis, RJ, CEP: 25964-004
2. Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio de Janeiro – IFRJ –, Programa de Pós-graduação em Ensino de Ciências, Rua Lucio Tavares, 1045, Centro, Nilópolis, RJ, CEP: 26530-060

Submetido em: 25/03/2009 Aprovado em: 04/05/2009

RESUMO

O Ensino de Ciências deve ser organizado de modo a formar estudantes capazes de entender o mundo no qual estão inseridos. Com o objetivo de discutir a nanotecnologia na perspectiva do enfoque de Ciências, Tecnologia e Sociedade, à luz da interdisciplinaridade, foi realizada uma revisão bibliográfica pertinente e estabelecidos quatro eixos temáticos, os quais poderão ser abordados em sala de aula.

Palavras-chave: ciência, tecnologia e sociedade; educação; ética; nanotecnologia.

ABSTRACT

The teaching of sciences must be organized in a way to enable students to understand the world where they live. Our goal is the discussion of the nanotechnology in its relations with Science, Technology and Society, within an interdisciplinary approach, was performed a pertinent bibliographic review, we established four thematic axes all of which will be opportunely discussed in class.

Key words: science, technology and society; education; ethics; nanotechnology.

INTRODUÇÃO

O ensino de ciências tem sido mote de significativos debates na atualidade, reconhecendo-se, como seu principal papel, a potencialidade para fomentar, no estudante, a capacidade de entendimento acerca do mundo no qual se vive, o que passa pela compreensão das correlações existentes entre os diferentes setores da sociedade e das suas interseções com os avanços científicos e tecnológicos. Para que tal contextualização possa ocorrer, faz-se necessária a inclusão de discussões acerca da História e da Filosofia da Ciência, enfocando-se as dimensões políticas, sociais e espirituais nas quais se dá o progresso científico (LENOX, 2001). De fato,

[...] “a educação científica parece-nos ser essa uma constatação inequívoca, já que as características que permeiam o ensino das disciplinas científicas continuam demonstrando que, na maioria das vezes, o ensino nessa área fica demarcado pelas abordagens internalistas, que privilegiam profundamente os conteúdos específicos de cada disciplina, desconsiderando os acontecimentos presentes na sociedade.”(TEIXEIRA, 2003:177-178)

Tal discussão é corroborada por Krasilchik (2000), a qual apresenta um panorama histórico a respeito das concepções e objetivos científicos, bem como das instituições promotoras e das estratégias de ensino, ao longo das últimas cinco décadas. Neste trabalho, é descrito que, entre os anos 1990 e 2000, o foco das discussões em ensino de ciências estava calcado nos aspectos e impactos da globalização — centrando o objetivo pedagógico na formação de um cidadão-trabalhador-estudante —, trazendo no seu bojo a disseminação de uma concepção científica mais atualizada, na qual se percebem e se discutem as implicações sociais decorrentes do desenvolvimento científico e tecnológico. Friedman (2005) defende que graças a criação de centros técnicos — os quais ensinavam ciências e tecnologia nos anos 1960 —, em países como a Índia e a China — além dos Tigres Asiáticos —, é que essas economias puderam se estabelecer e crescer, na virada de século, dentro das novas perspectivas de produção e mercado de trabalho estabelecidas pela globalização.

Na atualidade, percebe-se que a educação científica, aliada a uma orientação de ensino de ciências — na qual se discuta não somente os conteúdos programáticos das diferentes disciplinas, mas, principalmente, a inserção dos aspectos filosóficos, históricos, políticos, sociais e econômicos — concorrerá para a formação de alunos e de professores mais críticos e reflexivos, abrindo espaço para que os processos de inclusão social possam ocorrer, também, através das discussões tecnocientíficas (CHASSOT, 2003; MOREIRA, 2006).

Ao se considerar tal perspectiva na construção curricular, torna-se crucial a inclusão da abordagem Ciência-Tecnologia-Sociedade (CTS) na formação científica do estudante, aspecto que, apesar de contemplado nos Parâmetros Curriculares Nacionais e nas diferentes diretrizes e orientações curriculares, não se formaliza, amiúde, nas salas de aula, ao menos não de

forma perene e contextualizada (AMORIM, 1998; MUENCHEN e AULER, 2007). Com efeito, tem sido identificada considerável distância entre a prática e a teoria em relação a inserção do discurso de CTS no ensino de ciências, em função de diferentes fatores, podendo ser citados, dentre eles, a defasagem entre a formação dos professores e as demandas de uma nova escola, além da necessidade de um debate mais produtivo acerca dos aspectos curriculares do ensino de ciências (FOUREZ, 2002). Um dos elementos complicadores deste equacionamento é a observação, cada vez mais constante, de que o mundo científico e tecnológico vem sendo percebido pela sociedade, em suas diferentes dimensões, mesmo reconhecendo-se que tais percepções são freqüentemente distorcidas e pouco claras, acerca dos “objetivos” e do “papel” da ciência. A despeito disto, a escolha por profissões que contemplem o perfil do cientista vem se reduzindo ao longo dos anos em diferentes países:

“Quanto aos dirigentes de nosso mundo econômico e industrial, eles lamentam muito ao ver diminuir o número de jovens que se engajam em carreiras com forte base científica. Os empresários se inquietam com a falta de engenheiros e outros cientistas. Suas associações se engajam em campanhas publicitárias. Eles quase não se incomodam com o detalhe, mas destacam a importância de dispor de cargos científicos e tecnológicos. O mundo industrial testemunha assim, que, se não se leva em conta os limites descritos pelas ciências e tecnologias, corre-se o risco de não mais produzir riquezas em quantidades suficientes para satisfazer nossas necessidades crescentes. Freqüentemente, enquanto isso, o mundo industrial só vê as dimensões técnicas e econômicas deste problema de sociedade (as que a formação de engenheiros privilegia). Alguns estimam, além disso, que a crise das profissões científicas provém principalmente do fato de a carreira de engenheiros não ser mais tão lucrativa, e minimizam as causas culturais do desinteresse constatado.”(FOUREZ, 2002:3)

O desafio de discutir o desinteresse pelas carreiras científicas — e de buscar propostas para minimizar sua ocorrência — torna-se aspecto seminal para garantir o avanço dos saberes historicamente constituídos — como, por exemplo, a física, a química e a biologia — mas, sobretudo, para permitir a consolidação de saberes caracterizáveis como emergentes, especialmente se os mesmos albergam um cunho prevalentemente interdisciplinar. Este é, precisamente, o caso da Nanotecnologia (MARIA-DA-SILVA, 2008; SIQUEIRA-BATISTA et al., 2007; TEDESCO et al., 2007) campo que vem contribuindo, de modo salutar, para evolução do conhecimento, fazendo-se presente em boa parte das revistas científicas da atualidade (TOMA, 2008). Do ponto de vista conceitual, a nanotecnologia

[...] “estende a ciência de materiais para o domínio de partículas e interfaces com dimensões extremamente pequenas, da ordem de um a cem nanômetros. Partículas deste tamanho, ou “nanopartículas”, apresentam uma grande área superficial e, freqüentemente, exibem propriedades mecânicas, ópticas, magnéticas ou químicas distintas de

partículas e superfícies macroscópicas. O aproveitamento dessas propriedades em aplicações tecnológicas forma a base da nanotecnologia de materiais. Há, também, uma área ainda incipiente da nanotecnologia, denominada nanotecnologia molecular ou nanofabricação ("nanomanufacturing"), que almeja o desenvolvimento de sistemas nanométricos auto-replicantes (nano-robôs ou "nano-bots") capazes de fabricar, sob medida, materiais ou objetos através da manipulação da matéria a nível molecular."(QUINA, 2004:1028)

A abrangência adquirida pela nanotecnologia tem sido bastante significativa, permitindo o desenvolvimento de novos métodos e técnicas, já com aplicabilidade em diferentes procedimentos industriais — produção de cosméticos, fármacos, tecidos, dentre outros. Neste horizonte, pode-se divisar múltiplas possibilidades de discussão sobre sua atualidade e suas perspectivas, as quais podem — e devem — se constituir em mote para atividades na área de ensino de ciências, no espaço da sala de aula, especialmente no contexto da abordagem de CTS.

É nesse domínio — a possibilidade de fomento ao debate acerca do ensino de ciências, a partir do enfoque de CTS —, que o presente trabalho foi desenvolvido. Seu objetivo é, pois, a delimitação de eixos temáticos relativos à nanotecnologia — em suas relações com distintas esferas da sociedade —, os quais poderão ser empregados como chaves-temáticas para a educação científica.

MÉTODOS

Trata-se de uma pesquisa teórica apoiada na revisão crítica da literatura. Os textos foram buscados na *Biblioteca Virtual em Saúde* (BVS), na *U. S. National Library of Medicine* (PUBMED) e na *Scientific Eletronic Library Online* (SCIELO), bem como nos livros e nos capítulos de livro atinentes à disciplina. A partir da leitura dos manuscritos obtidos foi possível construir uma síntese reflexiva sobre o tema, o que permitiu a proposição de quatro eixos temáticos, envolvendo o tema gerador Nanotecnologia, à luz do enfoque de CTS.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados ora apresentados são preliminares, uma vez que nesse momento, são tão somente demarcados os eixos temáticos — e os prováveis enfoques passíveis de desenvolvimento no ensino de ciências, a partir da perspectiva de CTS —, os quais, ulteriormente, poderão ser utilizados — e avaliados — no ambiente de sala de aula.

A nanotecnologia foi escolhida por ser uma temática atual, presente constantemente nos diferentes tipos de mídia — possibilitando, assim, a contextualização da ciência e da tecnologia, com as demandas atuais da sociedade — além de se constituir como saber essencialmente interdisciplinar (TEDESCO et al., 2007). O termo — constituído por três radicais de origem

grega: *nano* significa anão; *tecno* diz respeito à arte (técnica); e *logia* refere-se a discurso (saber ou ciência) — engloba um conjunto de técnicas empregadas para manipular a matéria na escala de átomos e moléculas, envolvendo partículas extremamente reduzidas, da ordem da bilionésima parte do metro — à nanoescala pertence tudo que se apresenta um tamanho característico de 0,1 a 100 nanômetros; $1\text{nm} = 0,000000001\text{m} = 1 \times 10^{-9}\text{m}$ —, mil vezes menor que o diâmetro da hemácia, uma célula sangüínea (BHUSHAN, 2003). Este campo do saber nasce na segunda metade do século XX, quando o físico Richard Feynman — Prêmio Nobel de Física de 1965 —, ao proferir uma palestra em 1959, comenta, explicitamente, sobre a existência de “mais espaço lá embaixo”, em uma clara referência à possibilidade de manipulação do mundo em nível atômico. Posteriormente, em 1981, foi dado um passo importante neste sentido: a criação, pela IBM de Zurich, da Scanning tunneling microscope (STM – Microscopia de varredura por tunelamento), tornando-se possível a observação e a manipulação da matéria com resolução atômica (WEISSMÜLLER et al., 2007). De fato,

“A proposta central da nanotecnologia é assim a de montar, a partir da manipulação individual de átomos e moléculas, dispositivos moleculares milhares de vezes menores que um fio de cabelo, capazes de construir outros dispositivos e máquinas, encaixando moléculas uma a uma, com uma precisão e eficiência impressionantes, e a um custo reduzido já que a matéria-prima — os átomos — afinal existe em abundância na natureza...” (OLIVEIRA, 2002:209)

Ao trabalhar com a matéria em nível do extremamente pequeno, a nanotecnologia tem a possibilidade de produzir artefatos e técnicas capazes de interferir em diferentes sistemas materiais, algo que se tem observado hodiernamente. Desta feita, para que a compreensão de seus meandros — pressupostos e conseqüências — possa ser maximizada, o ideal é que as diferentes vertentes do saber-fazer possam ser agregadas, constituindo eixos temáticos, os quais funcionariam como núcleos conceituais capazes de ser compreensíveis pelos discentes. Assim, pois, utilizando-se as características dos conteúdos científicos específicos — obtidos a partir da leitura de textos publicados nos últimos anos (especialmente BORSCHIVER et al., 2005; BHUSHAN, 2003; KUBIK et al., 2005; QUINA, 2004; TEDESCO et al., 2007; WEISSMÜLLER et al., 2007) —, foram estabelecidos quatro eixos temáticos: (1) nanomateriais, (2) nanobiotecnologia e saúde, (3) nanotecnologia e meio ambiente e (4) nanotecnologia, ética e política.

NANOMATERIAIS

O trabalho com nanomateriais tem por objetivo “controlar com precisão a morfologia em dimensão nanométrica das substâncias ou partículas para produzir materiais nanoestruturados” (TEDESCO et al., 2007). Neste caso, vale ressaltar que o nível de intervenção da nanotecnologia explicita características

físicas e químicas — p. ex., condutividade, reatividade, temperatura de fusão, e outros — bastante diferentes dos materiais de origem (LÊDO, 2007). Estas díspares propriedades — p. ex., o ouro é habitualmente amarelo... o “nano-ouro”, vermelho... — podem concorrer para a identificação de novos materiais com propriedades extremamente úteis em termos de emprego tecnológico — pode-se mencionar que o CaCO_3 (carbonato de cálcio, giz, significativamente frágil) pode ser mais duro do que o aço em escala nanométrica (ETC GROUP, 2003). Atividades pedagógicas interdisciplinares envolvendo física, química e outros saberes, podem ser desenhadas à luz da abordagem desta temática (BORSCHIVER et al., 2005).

NANOBIOTECNOLOGIA E SAÚDE

As possibilidades nesta área — síntese da nanoengenharia com a manipulação de sistemas vivos — são amplas, incluindo (KUBIK et al., 2005; PATEL et al., 2006; PIRES-DO-PRADO et al., 2006; ROSSI-BERGMANN & FRÉZARD, 2007; SILVA & FACCIOLI, 2007; SIQUEIRA-BATISTA et al., 2007):

(a) Desenvolvimento de nanobiomateriais, área de interseção com o campo de investigação dos nanomateriais;

(b) Exames diagnósticos em nanoescala, como nanorastreadores de agentes infecciosos;

(c) Modalidades terapêuticas, com destaque para o nanoensapsulamento de fármacos — já em uso, por exemplo, para moléstias infecciosas por fungos e protozoários — e para a criação (futura) de nanodispositivos “inteligentes” / nanorobots (Figura 1), dentre outros;

(d) Métodos de prevenção, através do desenvolvimento de vacinas, já estando em investigação imunoprevenção para leishmaniose e tuberculose.

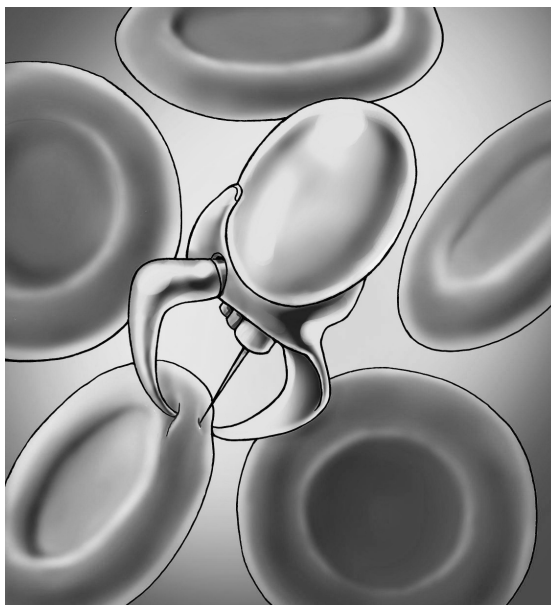


Figura 1. Ilustração mostrando a factível – e futura – abordagem de uma hemácia por um *nanorobot* (ou *nanobot*).

Outras aplicações possíveis, também descritas, incluem a preparação de nanocosméticos, a realização de nanocirurgias, as perspectivas em termos de neuroproteção e de regeneração neural, boa parte das quais se referindo, ainda, usos vindouros. Neste eixo temático, é igualmente produtiva a implementação de atividades interdisciplinares, envolvendo as ciências da natureza, da saúde e as humanidades.

NANOTECNOLOGIA E AMBIENTE

O impacto do uso de nanopartículas (Figura 2) é ainda recente em estudos ambientais, não havendo definição clara a respeito da sua utilização e regulamentação, ponderando-se sobre os eventuais benefícios, a saber (LÊDO, 2007; QUINA, 2004):

(a) Diagnóstico e acompanhamento da poluição, através da preparação de nanosensores, mais sensíveis e mais específicos, para a detecção e o monitoramento ambiental de poluentes — orgânicos e inorgânicos —, com aplicabilidade, por exemplo, na avaliação dos níveis de poluentes em alimentos e em outros produtos de consumo humano;

(b) Tratamento da poluição, em decorrência da relevante propriedade de adsorção de diferentes substâncias — p. ex., metais e compostos orgânicos —, pela grande área superficial das nanopartículas; tem sido descrito, igualmente, o emprego de nanopartículas magnéticas; ademais, é pensável, a longo prazo, que nano-bots sejam capazes de agir na descontaminação ambiental;

(c) Prevenção dos agravos relacionados à poluição, destacando-se o emprego de nanomateriais catalíticos — os quais maximizam a eficiência e a seletividade de processos industriais —, concorrendo para um maior aproveitamento de matérias primas, com reduzido dispêndio de energia e menor produção de resíduos indesejáveis.

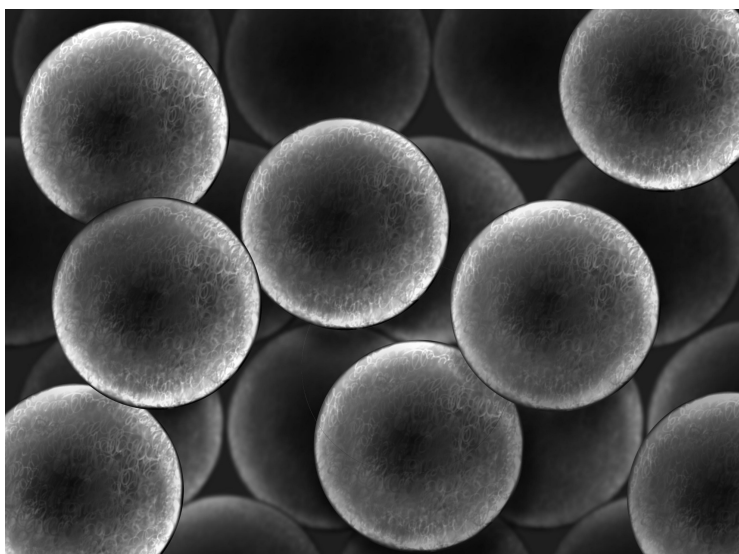


Figura 2. Nanopartículas.

A despeito destes promissores usos, as características físico-químicas das nanopartículas facilitam sua dispersão — na atmosfera, nas águas, nos solos e nos sistemas vivos — e, igualmente, dificultam sua remoção por técnicas habituais de filtração, tendo tais ocorrências efeitos imprevisíveis — de fato, há observações recentes da presença de nanopartículas no fígado de animais usados em pesquisas, as quais podem “ganhar” a cadeia alimentar. Com efeito, a discussão segue envolta em grande controvérsia, aspecto que pode ser explorado em atividades interdisciplinares de ensino de ciências — formulando estratégias pedagógicas para trabalhar o tema em sala de aula —, a partir da exploração de debates sobre os prós e os contras do uso dessa tecnologia, enfocando os aspectos ambientais.

NANOTECNOLOGIA E QUESTÕES ÉTICAS E POLÍTICAS

As questões ético-políticas em torno da nanotecnologia podem ser vistas como sínteses dos três eixos temáticos anteriores. De fato, a indagação envolvendo a produção de nanomateriais, a aplicação à saúde e o impacto ambiental da nanotecnologia, tem como pano de fundo as conseqüências boas ou más; esplêndidas ou catastróficas — sobre o planeta. Tal é o aspecto que pode ser debatido pelos estudantes da área científica, compondo, de modo interessante, os conceitos científicos — trabalhados interdisciplinarmente pela própria natureza da nanotecnologia — com a argumentação instada pelas ciências humanas, em termos de ética e política.

A partir desses enfoques, pretende-se estimular a discussão dos conteúdos específicos de disciplinas afins — Biologia, Filosofia, Física e Química —, através do debate de um tema atual, provocando no discente o interesse pela busca de informações outras — capazes de contribuir para o debate —, além de permitir uma contextualização sobre os conteúdos específicos aprendidos na escola, com as distintas temáticas debatidas no cenário mundial. Dessa forma, crê-se que o estudante estará mais estimulado para participar das diferentes atividades propostas pelos professores, pois perceberá, de forma clara, como seu aprendizado escolar pode “transitar” no seu mundo real. Tal proposta possibilita ainda um trabalho interdisciplinar, possibilitando uma aproximação entre as ciências humanas e as exatas.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A nanotecnologia é um saber nascente, com promissoras expectativas em díspares aspectos do mundo contemporâneo:

“Não há dúvida de que a nanotecnologia oferece a perspectiva de grandes avanços que permitam melhorar a qualidade de vida e ajudar a preservar o meio ambiente. Entretanto, como qualquer área da tecnologia que faz uso intensivo de novos materiais e substâncias

químicas, ela traz consigo alguns riscos ao meio ambiente e à saúde humana.”(QUINA, 2004:1028)

O impacto na existência das pessoas, das coletividades, da civilização e, quiçá, na própria biosfera é, evidentemente, difícil de ponderar neste momento — podendo associar-se a riscos imprevisíveis ao próprio Gulliver (Figura 3), em sua “viagem” à Lilliput —, aumentando a responsabilidade da comunidade científica e das instituições de ensino, atores que devem envidar todos os esforços para divulgar informações corretas sobre nanotecnologia.



Figura 3. Gulliver, capturado em Lilliput.

Com efeito, muito mais do que uma decisão meramente científica, a condução de pesquisas envolvendo nanotecnologia deve ser estendida ao questionamento da sociedade civil — tornando-se, pois, uma “resolução” ético-política —, de modo que decisões refletidas — melhor pensadas — e responsáveis possam ser tomadas. O ensino de ciências é particularmente útil, neste domínio — especialmente ao se empregar o enfoque de CTS —, por permitir o debate em sala de aula, corroborando para a formação de cidadãos mais capazes de discutir e, quiçá, mais responsáveis consigo mesmo e com o seu entorno.

REFERÊNCIAS

AMORIM, A. C. R. O que foge do olhar das reformas curriculares: nas aulas de biologia, o professor como escritor das relações entre ciência, tecnologia e sociedade. *Ciência e Educação*, v. 7, n. 1, p. 47-65, 2001.

BORSCHIVER, S. et. al. Patenteamento em nanotecnologia: estudo do setor de materiais poliméricos nanoestruturados. *Polímeros*, v. 15, n. 4, pp. 245-248, 2005.

BUSHAN, B. *Springer Handbook of Nanotechnology*. Ohio: Springer-Verlag, 2003.

CHASSOT, A. Alfabetização científica: uma possibilidade para inclusão social. *Revista Brasileira de Educação*, Jan-Abr, n. 22, p. 89-100, 2003.

ETC GROUP – Action Group on Erosion, Technology and Concentration. The big down: from genomes to atoms. p. 5-16, 2003.

FOUREZ, G. Crise no ensino de ciências? Investigações em Ensino de Ciências, v. 8, n. 2, 14 p, 2002. Disponível em: http://www.if.ufrgs.br/public/ensino/vol8/n2/v8_n2_a1.html Acesso em: 19/07/2004.

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

KUBIK, T.; BOGUNIA-KUBIK, K.; SUGISAKA, M. Nanotechnology on duty in medical applications. *Curr Pharm Biotechnol*, v. 6, n. 1, p. 17-33, 2005.

LÊDO, J.C.S. Questões bioéticas suscitadas pela nanotecnologia. 2007. 120f. Dissertação de mestrado [Bioética]. São Paulo: Centro Universitário São Camilo, 2007.

LENNOX, J.G. History and Philosophy of Science: a phylogenetic approach. *História ciências saúde - Manguinhos*, vol. 8, no. 3, pp. 655-669, 2001.

MARIA DA SILVA, L. Nanotecnologia e educação científica e tecnológica: uma proposta para discussão interdisciplinar. [Trabalho de conclusão de curso de graduação]. Curso de Licenciatura em Física, Centro Federal de Educação Tecnológica de Química de Nilópolis, 2008.

MOREIRA, I.C. A inclusão social e a popularização da ciência e tecnologia no Brasil. *Inclusão Social*, Brasília, v. 1, n. 2, p. 11-16, 2006.

MUENCHEN, C.; AULER, D. Configurações curriculares mediante o enfoque CTS: desafios a serem enfrentados na educação de jovens e adultos. *Ciênc. educ.* (Bauru) 2007, v. 13, n. 3, p. 421-434.

NOVAES, A. O avesso da liberdade. São Paulo: Companhia das Letras, 2002. p. 191-227.

OLIVEIRA, L.A. Valores deslizantes: esboço de um ensaio sobre técnica e poder. In: PATEL, G.M. et. al. Nanorobot: a versatile tool in nanomedicine. *Journal of Drug Target*, v. 14, n. 2, p. 63-67, 2006.

PIRES-DO-PRADO, H.J. et. al. Nanoimunologia: perspectivas atuais e importância na formação médica In: 44o Congresso Brasileiro de Educação Médica, 2006, Gramado. Revista Brasileira de Educação Médica, v. 30, p.528-528, 2006.

QUINA, F.H. Nanotecnologia e o meio ambiente: perspectivas e riscos. Química Nova, vol. 27, n. 6, pp. 1028-1029, 2004.

ROSSI-BERGMANN, R.; FRÉZARD, F. Aplicação da nanotecnologia para tratamento e vacinação da leishmaniose. In: MORALES, M.M. Terapias avançadas: células-tronco, terapia gênica e nanotecnologia aplicada à saúde. São Paulo: Atheneu, 2007. p. 265-277.

SILVA, C.L.; FACCIOLI, L.H. DNA microparticulado como vacina contra câncer e tuberculose. In: MORALES, M.M. Terapias avançadas: células-tronco, terapia gênica e nanotecnologia aplicada à saúde. São Paulo: Atheneu, 2007. p. 279-288.

SIQUEIRA-BATISTA, R. et al. A clínica médica e as fronteiras da nanomedicina In: 9º Congresso Brasileiro e Clínica Médica, 2007, Curitiba. Anais – 9o Congresso Brasileiro de Clínica Médica, Curitiba: 2007.

TEDESCO, A.C.; SIMIONI, A.R.; PRIMO, F.L. Introdução à nanotecnologia. In: MORALES, M.M. Terapias avançadas: células-tronco, terapia gênica e nanotecnologia aplicada à saúde. São Paulo: Atheneu, 2007. p. 237-246.

TEIXEIRA, P.M.M. A educação científica sob a perspectiva da pedagogia histórico-crítica e do movimento CTS no ensino de ciências. Ciência & Educação, v. 9, n. 2, p. 177-190, 2003.

TOMA, H.E. Interfaces e organização da pesquisa no Brasil: da Química à Nanotecnologia. Química Nova, São Paulo 2008. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-40422005000700010&lng=pt&nrm=iso>. Acesso em: 09 Mar 2008.

WEISSMÜLLER, G.; CIDADE, G.A.G.; BISCH, P.M. Microscopia de força atômica: nanoscopia, nanomanipulação e nanocaracterização de biomateriais. In: MORALES, M.M. Terapias avançadas: células-tronco, terapia gênica e nanotecnologia aplicada à saúde. São Paulo: Atheneu, 2007. p. 307-321.