

NANOTECNOLOGIA NA ESCOLA: POSSIBILIDADES E DESAFIOS

Nanotechnology at school: possibilities and challenges

Lee Jing [leejing_taiwan@hotmail.com]

Lee Ning [leening_twins@hotmail.com]

Lee J. Yun [michelilee91@gmail.com]

Kathia M. Honorio [kmhonorio@usp.br]

Fabiana Curtopassi Pioker [fpioker@gmail.com]

Escola de Artes, Ciências e Humanidades, Universidade de São Paulo, 03828-000, São Paulo, Brasil.

Agnaldo Arroio [agnaldo.arroio@gmail.com]

Faculdade de Educação, Universidade de São Paulo, 05508-São Paulo, Brasil.

Simone Alves de Assis Martorano [sialvesmartorano@gmail.com]

Departamento de Ciências exatas e da terra, Universidade Federal de São Paulo, 09913-030, Campus Diadema, Diadema, São Paulo, Brasil.

***Miriam Sannomiya** [miriamsan@usp.br]

Escola de Artes, Ciências e Humanidades, Universidade de São Paulo, 03828-000, São Paulo, Brasil.

Recebido em: 04/09/2018

Aceito em: 26/03/2019

Resumo

O conhecimento em nanotecnologia pode ser abordado por diferentes recursos didáticos, como é o caso da tecnologia da informação, minimizando a barreira da transposição desse conhecimento para o ensino básico. Acredita-se, nesse trabalho, que as ferramentas tecnológicas, se bem usadas, podem ser facilitadoras do processo de ensino e aprendizagem e responsáveis pela socialização das pessoas e, por conseguinte, motivadoras da sabedoria e de conhecimento científico. Este trabalho consistiu na avaliação de uma atividade para o ensino de nanotecnologia a partir do uso de uma ferramenta tecnológica (*site*) para alunos dos 6^{os} e 7^{os} anos do ensino fundamental 2. Como instrumento de coleta de dados utilizou-se um questionário de investigação pré e pós-aula. Após analisar os dados obtidos, observou-se que o ensino diferenciado, divertido e criativo suscitou um maior interesse dos alunos, permitindo uma melhor compreensão do tema (nanotecnologia) como contribuição também da área da Química.

Palavras-chave: Nanotecnologia; Divulgação científica; Ensino de Química.

Abstract

Knowledge in nanotechnology can be approached by different didactic resources, as the use of information technology, minimizing the barrier of transposition of this knowledge. This work consisted in the evaluation of didactic resources for teaching-learning in nanotechnology. Students from the 6th and 7th grades of elementary school 2 were selected. The class was proposed starting with a brief explanation of the purpose of the lesson as well as application of a free and informed consent term, pre-class investigative questionnaire, expository and demonstrative class, and post-class questionnaire. After analyzing the results, it was observed that differentiated, fun and creative teaching provokes a greater interest among students, allowing a better understanding of this area (nanotechnology) as well as a contribution of Chemistry.

Keywords: Nanotechnology; Scientific communication; Chemistry Education.

INTRODUÇÃO

No mundo contemporâneo, observa-se a onipresença da Ciência e da tecnologia vigente no atual processo de globalização. Conjuntamente, elas transcendem os mais altos níveis de conhecimento e podem ser consideradas como os principais fatores de desenvolvimento e progresso de uma nação (SILVEIRA & BAZZO, 2006). Quando se fala em ciência e tecnologia, não se pode deixar de abordar a concepção de ensino em ciências, da formação científica dos jovens, que apesar de ter tido algum avanço, regrediu em um ponto na avaliação de ciências do PISA (Programa de Avaliação Internacional de Estudantes) de 2015, em comparação ao exame feito anteriormente, em 2012. No último exame, menos de 1% dos brasileiros atingiram os dois níveis mais avançados e 95% dos demais participantes do exame no Brasil estão nos três níveis mais baixos em conhecimento científico (OCDE, 2016; Academia Brasileira de Ciências, 2007). Apesar das críticas a esse sistema de avaliação, não se pode ignorar a falta de compreensão da ciência pela grande maioria dos estudantes brasileiros que se reflete em uma sociedade que se põe à margem dos principais avanços mundiais, ficando alheia à importância e às implicações que esse avanço traz a toda população. É urgente, portanto, melhorar o acesso dos brasileiros a tais avanços, não do ponto de vista do consumo, mas da compreensão de seus processos e implicações.

O acesso da população aos conhecimentos científicos deveria ser feito por meio da criação de uma cultura científica, de forma que a ciência fosse entendida pelos leigos como parte integrante e importante de suas vidas, em que a busca pela compreensão do mundo fosse ponto de interesse da sociedade. O bem-estar cultural promovido pela compreensão de mundo a partir da apropriação dos conhecimentos científicos não significa tornar cientistas a todos os cidadãos, mas despertar nestes o interesse pela ciência (VOGT, 2011). Segundo Vogt (2003; 2011), a cultura científica abrange ao menos três possibilidades semânticas: a cultura *da* ciência (gerada por ela ou própria dela); a cultura *pela* ciência (por meio ou a favor desta); e a cultura *para* a ciência (voltada para a sua produção ou sua socialização). Portanto, o encultramento científico permite à sociedade a compreensão de que a ciência não é algo dogmático, pronto, imutável e desconectado de sua própria vida. Ao contrário, permite a compreensão de que a apropriação dos conhecimentos científicos é essencial para a criação de cidadãos críticos, protagonistas de suas próprias decisões e capazes de se posicionar frente aos possíveis impactos dos avanços da ciência e da tecnologia na sociedade (PINHEIRO, SILVEIRA & BAZZO, 2007).

Para o avanço da cultura científica, há que se voltar o olhar para o ensino de ciências nas escolas, onde as pessoas, ainda jovens, têm seu primeiro contato formal com os conhecimentos científicos. Nesse sentido, as ferramentas tecnológicas, se bem usadas, podem ser importantes facilitadoras do processo de ensino e aprendizagem. Ferramentas essas que acabam se tornando as responsáveis pela socialização das pessoas e, por conseguintes, motivadoras da sabedoria e de conhecimento científico (PRETTO, 1999).

Ao longo dos anos, a ascensão da tecnologia resultou nas chamadas Tecnologias de Informação e Comunicação, fruto da agregação da informática, telecomunicação e mídias eletrônicas (internet), meios que possibilitam um abundante acesso imediato de informações e complexidades de contextos gerais, seja ele correspondente ou não a realidade (PRETTO, 1999). Todavia, entende-se que todo o conhecimento relacionado ao objeto de ensino é primordial tanto para o docente quanto para o discente (cada qual em sua posição), pois “não há docência sem discência [...] quem ensina aprende ao ensinar, e quem aprende ensina ao aprender” (Freire, 2002, p. 23). E se tratando do ensino de ciências, que é uma das principais

fontes de se alcançar uma profícua formação científica e de se tornar um cidadão crítico, vale enfatizar que os conhecimentos atuais de Química não podem ser deixados de lado.

De um modo geral, sem a Química a civilização teria um estágio de desenvolvimento científico e tecnológico bastante aquém do que se tem atualmente. Com ela foi possível ao homem sondar em pormenores o universo, desenvolver medicamentos para doenças até então incuráveis, modernizar técnicas de agricultura, produzir utensílios domésticos e milhares de outros usos (LIU, 2014). Com estas e outras aplicações, a Química e seus objetos de estudo tornaram a existência dos seres humanos mais prática e prazerosa.

O mesmo, porém, não se pode dizer do ensino da Química. A maioria dos estudantes se depara com a grande problemática de se fazerem necessárias abstrações para compreensão de um determinado conteúdo. Adicionalmente, deve-se levar em conta que grande parte dos temas ensinados na disciplina de Química se resumem na memorização de símbolos, fórmulas e conceitos. Nem sempre se leva em consideração no ensino a importância de se relacionar o conteúdo abordado ao cotidiano do aluno. E quando se leva em consideração, os conteúdos se restringem somente às menções das aplicações da Química em nosso cotidiano. Estas falhas acabam, na maioria das vezes, impossibilitando que estes estudantes sejam capazes de aplicar o conteúdo de forma lógica para resolução de problemas ou reflexão sobre o tema.

Certamente, alguns fatores podem contribuir para a maioria destes problemas, como é o caso da falta de materiais didáticos que abordem os conteúdos de maneira contextualizada, ausência de um laboratório de Química que permita a execução de aulas experimentais, mesmo que demonstrativas, falhas na formação dos professores, entre outros (VEIGA, QUENENHENN & CARGNIN, 2012).

Mesmo que a Química se faça presente em quase tudo que nos circunda e que se exemplifique suas inúmeras aplicações tecnológicas, nem sempre isso aparece ou é abordado nas aulas de ciências, principalmente no ensino fundamental, embora os documentos oficiais apontem para essa necessidade de se conhecer essas diversas tecnologias:

No entanto, o estudo da tecnologia é pequeno nas escolas fundamentais. Para a elaboração deste eixo temático não há discussão acumulada expressiva, ao contrário do que ocorre com a educação ambiental e a educação para a saúde. Sua presença neste documento decorre da necessidade de formar alunos capacitados para compreender e utilizar diferentes recursos tecnológicos e discutir as implicações éticas e ambientais da produção e utilização de tecnologias (PCN: Ciências Naturais, p.48, 1998).

Acredita-se, nesse trabalho, que é necessário que se traga ao conhecimento dos estudantes não apenas fórmulas e conceitos abstratos, mas a discussão de temas que de fato têm influência na vida deles, buscando a contextualização entre ciência, tecnologia e sociedade. Dentre as áreas da Química que são possíveis de se fazer esta ponte, destaca-se a nanotecnologia (MARTINS *et al.*, 2004).

A nanotecnologia, que teve seus primeiros conceitos introduzidos por Richard Feynman em 1959, é um ramo da ciência que estuda a organização e a manipulação de estruturas atômicas e moleculares com o intuito de analisar/desenvolver materiais, substâncias e produtos a partir da escala de um bilionésimo de metro, nanômetro, $10^{-9}\text{m} = 1\text{ nm}$ (TAVARES, 2008). Em escala nanométrica, materiais constituídos de compostos cujas propriedades físicas e químicas são extremamente definidas e conhecidas na literatura, passam a ter comportamentos bastante particulares, o que permite suas inclusões em novas aplicações no mercado.

Essa é uma área que tem atraído interesse nos últimos anos, por ser uma tecnologia que permite a fabricação de produtos de alta qualidade tanto para uso doméstico, para comunicações, transportes, agricultura e diversas aplicações. De acordo com PEN - *Project on Emerging Nanotechnologies*, semanalmente são lançados cerca de quatro nanoprodutos no mercado (GUAZZELLI & PEREZ, 2009). A nanotecnologia propicia a produção de materiais mais eficazes, seguros, limpos e inteligentes. Existe uma expectativa de que esses materiais nanoestruturados impactem menos o meio ambiente, já que são empregados em tão ínfimas quantidades que levariam inúmeros anos para ocorrer o acúmulo dos mesmos (TAVARES, 2008).

A nanociência está relacionada a diversas áreas de conhecimento humano, ou seja, se trata de um setor interdisciplinar que envolve além da Química, a Física, Biologia, Matemática, Medicina, Computação, entre outros (DURAN; MATTOSO & MORAIS, 2006). Apesar de suas inúmeras aplicações, versatilidade e ser um assunto recorrente nos últimos anos em muitos meios de comunicação (televisão, jornais, revistas, etc.), assim como ser assunto de questões de vestibulares, poucos detêm este conhecimento científico. Para Chang (2006), o desenvolvimento de novos programas e métodos é fundamental para despertar nas crianças o interesse por temas científicos envolvidos em processos do cotidiano e relacionados com nanotecnologia, levando a definição do termo “nanoeducação”. Assim, uma das formas de despertar e aproximar este conhecimento dos alunos é por meio do emprego de diferentes recursos didáticos como a informática, uso de jogos e *softwares* educativos.

Concordamos com Fourez (1997), quando menciona a dificuldade na modernização dos currículos escolares o que poderia incentivar as inovações. Neste sentido Delgado, Honório & Sannomiya (2010) advogam pela inserção da temática Nanotecnologia na Educação Básica, como forma de aproximação do público escolar para temáticas centrais na vida cotidiana.

O *site* NanoEACH (<http://www.each.usp.br/nanoeach/>) refere-se a um projeto de divulgação científica sobre Nanotecnologia, que tem por objetivo divulgar e introduzir conceitos da nanotecnologia de forma lúdica e criativa. São disponibilizados recursos como jogos, vídeos, escalas de grandeza e divulgação de eventos que abordem o tema Nanotecnologia (DELGADO, HONÓRIO & SANNOMIYA, 2010). Sendo assim, a partir do *site* NanoEACH, este trabalho teve por objetivo aplicar recursos disponíveis no *site* para alunos do ensino fundamental 2 de uma escola pública a fim de verificar a efetividade de apropriação de conceitos sobre nanotecnologia.

METODOLOGIA

Para avaliar a apropriação de conceitos, pelos alunos, sobre nanotecnologia a partir de recursos disponíveis no *site* NanoEACH, foram selecionados alguns objetos de aprendizagem disponíveis no mesmo, os quais foram utilizados como parte de uma aula de 50 minutos. A avaliação desta etapa foi realizada a partir da comparação entre as respostas de um pré e um pós-questionário. Questionários são instrumentos importantes de pesquisa, quando se pretende averiguar a existência de mudanças em um mesmo público em dois momentos distintos. As questões podem ser abertas, fechadas ou uma mistura das duas. Para Chagas (2000), a utilização de questões fechadas do tipo múltipla escolha tem vantagens como a facilidade de aplicação e a objetividade das respostas, com pouca possibilidade de erros. No entanto, há cuidados a serem tomados para que as alternativas não influenciem as respostas, bem como atenção para que a preparação das questões seja feita de forma clara, visando à obtenção correta do que se pretende averiguar. Neste trabalho, optou-se por realizar um pré-questionário com questões fechadas

(Figura 1) e repetí-las no pós-questionário. Este contou, ainda, com uma questão fechada adicional e uma questão aberta.

Para a análise dos dados, utilizou-se uma abordagem qualitativa para as respostas fechadas, comparando a proporção das respostas observadas no pré e pós-questionários. Como a mesma aula foi aplicada para todas as turmas, optou-se por reunir os dados e tratá-los como uma única amostra, separando apenas entre 6^{os} e 7^{os} anos. Para a pergunta aberta do pós-questionário, foi realizada uma análise de conteúdo (BARDIN, 2004) obtendo-se as categorias a partir das respostas dos alunos.

Como as ferramentas propostas no *site* envolvem desenhos destinados ao público infanto-juvenil, optou-se por quatro turmas do 6^o (A, B, C e D) e duas turmas do 7^o (A e B) ano do Ensino Fundamental 2 da Escola Estadual Dom Miguel Kruse, Zona Leste da Cidade de São Paulo. Totalizando, assim, a participação de 171 alunos, com faixa etária entre 11 e 12 anos, dos quais 109 pertenciam aos 6^{os} anos e os demais 62, dos 7^{os} anos.

A escola está situada no bairro Jardim Danfer, na periferia paulistana, e atende alunos desde o ensino fundamental 2 até o ensino médio. A grande maioria dos alunos reside nas imediações e pertence à classe média-baixa. A direção da escola é estável, contando com uma boa continuidade de gestão, o que contribui para que a escola apresente uma boa conservação e razoável infraestrutura, contando inclusive com *datashow*, utilizado para a realização da aula.

Foram selecionados dois vídeos, dentre eles o vídeo de uma professora ensinando conteúdos sobre Nanotecnologia, a escala nanométrica e suas aplicações (<https://www.youtube.com/watch?v=se7FwPg9pUk>) e outro no qual se tem um vídeo musical cuja letra menciona o quão pequena é a escala nanométrica (<https://www.youtube.com/watch?v=iNYyanofBpI>). Adicionalmente, foram selecionadas três escalas de grandezas para auxiliarem no entendimento da dimensão da escala nanométrica. Uma delas aborda o conteúdo do reino animal com imagens do mundo macro até o nanométrico; a outra tem imagens que remetem ao nosso país, como o Estado de São Paulo, Estádio do Maracanã, futebol, até atingir a molécula de DNA; já a última escala apresenta imagens que abordam o cotidiano em salões de beleza. Foi proposto um plano de aula de 50 minutos para cada turma a ser avaliada. Cada aula foi dividida em 5 etapas:

- 1) Uma breve explicação sobre o objetivo da aula.
- 2) Aplicação do termo de consentimento livre e esclarecido: como os participantes da atividade eram menores de idade, estes levaram o termo de consentimento para os pais ou responsáveis terem ciência e assinarem. Estes, assim, consentiram o registro de falas na forma de gravação em áudio, imagens na forma de fotografias e/ou vídeos e autorizaram a coleta e a utilização de registros de observação participante ou de textos, desenhos e outras produções de alunos como dados para fins exclusivamente acadêmicos.
- 3) Aplicação dos pré-questionários para avaliação do conhecimento prévio a respeito do tema Nanotecnologia (Figura 1). O mesmo questionário foi aplicado novamente ao final da aula para se verificar o entendimento dos conceitos envolvidos no tema nanotecnologia, principalmente a noção de escala de grandeza e de aplicação dessa tecnologia no cotidiano, devido ao pouco tempo destinado à atividade. Acredita-se que tendo um maior número de aulas, outros conceitos poderiam ser trabalhados. Esta foi uma grande limitação da atividade, o tempo destinado a ela.
- 4) Aula expositiva e demonstrativa utilizando os recursos didáticos previamente selecionados: esta etapa iniciou-se com uma aula expositiva utilizando-se como recurso didático a lousa. Em seguida, utilizou-se como recursos audiovisuais dois dos vídeos disponíveis no *site*

NanoEACH, no qual um simula uma aula e, o outro, uma banda tocando uma música, ambos contendo escalas de grandeza e as possíveis aplicações da Nanotecnologia. Além dessas atividades, foram utilizadas animações de escalas de grandezas ilustrando desde o nível macroscópico até o nanométrico.

Questionário sobre Nanotecnologia

1) Você sabe o que é nanotecnologia?
 Sim
 Não
 Já ouvi falar, mas não sei exatamente o que é.

2) Você sabe o significado de nano?
 Sim
 Não
 Se sim, quanto você acha que mede um nanômetro (nm)?
 é maior que 1 metro
 10 vezes menor que 1 metro
 100 vezes menor que 1 metro
 1000 vezes menor que 1 metro
 1000 000 vezes menor que 1 metro
 1000 000 000 vezes menor que 1 metro

3) Em quais áreas você acha que a nanotecnologia pode ser aplicada??
 Agricultura
 Medicina
 Aeronáutica
 Eletrônica
 Cosméticos
 Meio Ambiente
 Todos
 Nenhuma das opções
 Não sei

4) Quais produtos você acha que são produzidos a partir da nanotecnologia?
 Raquetes de tênis
 Travesseiros bactericidas
 Protetores solares
 Roupas resistentes a manchas
 Cosméticos
 Todos
 Nenhuma das opções
 Não sei

5) Você acha que existe alguma relação entre a nanotecnologia e a ciência?
 Sim
 Não

Figura 1. Pré-questionário aplicado aos alunos para averiguação do conhecimento prévio sobre o tema Nanotecnologia.

Para auxiliar na percepção das informações explicitadas na música, esta foi apresentada na forma impressa, porém, contendo trechos incompletos para despertar nos alunos a atenção no conteúdo mencionado na mesma. O vídeo musical foi apresentado três vezes para cada turma, garantindo assim que todos os participantes tivessem a oportunidade de preencher as lacunas presentes na folha da letra da música.

Em seguida, a fim de ilustrar as diferentes aplicações e importância da Nanotecnologia na sociedade, foram apresentados exemplos de produtos baseados nessa tecnologia. Um dos exemplos apresentados em sala de aula foi o desodorante contendo íons prata que, em escala nanométrica, passam a ter ação bactericida, minimizando o odor nas axilas.

5) Aplicação dos pós-questionários elaborados para averiguar o potencial didático dos recursos utilizados durante a aula.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Objetos de aprendizagem voltados à abordagem da nanotecnologia são ainda escassos. Alguns são propostas interessantes, mas muitos deles abordam o conteúdo em linguagem científica o que dificulta a compreensão do assunto para leigos. No entanto, existem algumas delas que poderiam ser utilizadas como recursos didáticos para uma abordagem do conteúdo de Nanotecnologia por professores do Ensino Fundamental 2. Neste trabalho, optou-se pelo uso de objetos de aprendizagem disponíveis no *site* NanoEACH (<http://www.each.usp.br/nanoeach/>), cuja proposta é divulgar o conteúdo científico relacionado à nanotecnologia com recursos didáticos destinados aos professores do ensino básico brasileiro para abordar esse tema. O *site* disponibiliza alguns vídeos e materiais abordando conceitos sobre nanotecnologia com uma linguagem destinada ao público em geral de maneira lúdica e criativa. Um dos vídeos apresenta inclusive uma proposta destinada para o público em libras, o que não se observou em nenhum outro *site* anteriormente.

Todas as imagens exibidas nos vídeos e nas escalas de grandeza (do macro para o nanomundo) são apropriadas para o público infantil. Os recursos didáticos selecionados no *site* NanoEACH foram o vídeo que simula uma aula sobre Nanotecnologia e outro que apresenta uma música descrevendo escalas de grandeza e aplicação da Nanotecnologia.

Análise comparativa entre pré e pós-questionários totalizou uma amostra de 109 alunos dos 6^{os} anos e 62 estudantes dos 7^{os} anos. A sondagem referente ao conhecimento dos alunos sobre os termos “nanotecnologia” e “nano” revelou que a grande maioria dos alunos desconhecia esses conceitos, tanto para os 6^{os} como para os 7^{os} anos. Sobre a relação entre nanotecnologia e ciência, notou-se um aumento na porcentagem de alunos que relacionaram as duas áreas após a atividade (Tabela 1).

Tabela 1. Porcentagem de respostas afirmativas (sim) para os pré e pós-questionários aplicados aos 6^{os} e 7^{os} anos.

	6 ^{os} anos (n=109)		7 ^{os} anos (n=62)	
	Pré (%)	Pós (%)	Pré (%)	Pós (%)
Você sabe o que é nanotecnologia?	6	94	5	92
Você sabe o significado de nano?	1	83	0	79
Você acha que existe alguma relação entre nanotecnologia e ciência?	68	94	66	92

Para a questão “Em que áreas você acha que a nanotecnologia pode ser aplicada”, observou-se um aumento na proporção de alunos que responderam “todas” após a atividade para ambos os anos (Figura 2, a e b). Os resultados obtidos no questionário prévio apontam que a maioria dos alunos desconhecia onde a nanotecnologia pode estar aplicada. A maioria dos estudantes relacionou a nanotecnologia com áreas eletrônicas pelo senso comum de que tecnologias sempre estão correlacionadas aos “eletrônicos”.

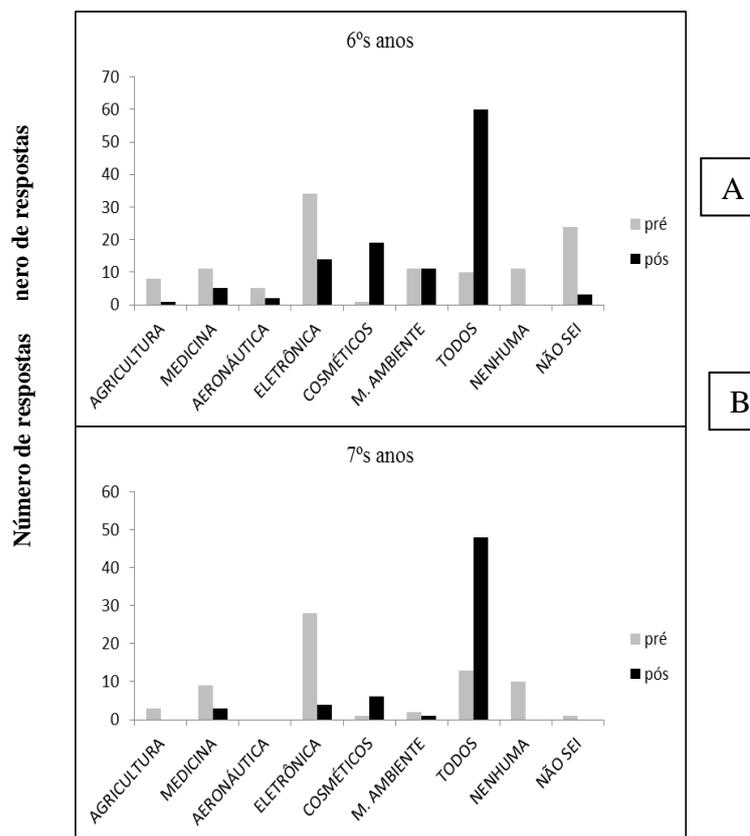


Figura 2. Número de respostas à questão “em que áreas você acha que a nanotecnologia pode ser aplicada?” obtidas para os 6ºs (A) e 7ºs (B) anos.

A mesma lógica também pode ser observada nos resultados da questão “Quais produtos você acha que são produzidos a partir da nanotecnologia?”, em que as opções mais citadas no pré-questionário são “nenhuma das opções” e “não sei”, cujos dados obtidos denotam mais uma vez que a ausência de alternativas contendo “produtos eletrônicos”, promoveu certa inconsistência de informação. Portanto, os participantes não souberam qual alternativa assinalar. Já no pós-questionário, foi grande o número de alunos que respondeu a opção “todos”, mostrando uma ampliação do repertório desses estudantes acerca da nanotecnologia após a aplicação dos recursos (Figura 3, a e b).

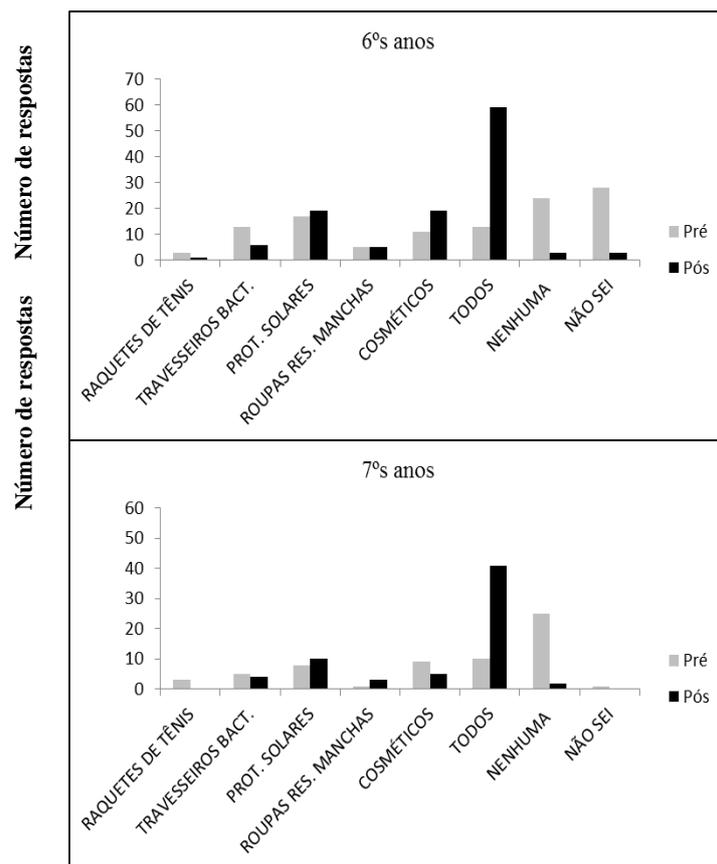


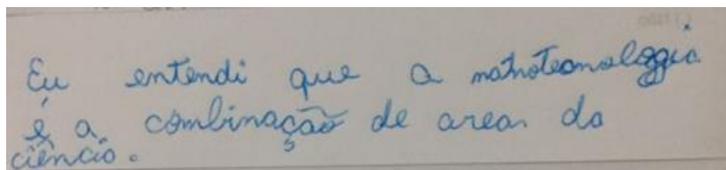
Figura 3. Número de respostas à questão “quais produtos você acha que são produzidos a partir da nanotecnologia?” obtidas para os 6ºs (A) e 7ºs (B) anos.

Várias orientações foram dadas para que os alunos somente indicassem as respostas que soubessem e que, na dúvida, assinalassem “Não sei”. Mesmo assim, os resultados expressos na Figura 3 (a e b) mostram que mesmo não sabendo a resposta, os alunos assinalaram “qualquer opção”. No entanto, estes dados não inviabilizam esta investigação, já que o maior percentual dos alunos de ambos os anos avaliou negou o conhecimento do que se tratava nanotecnologia.

Em relação à questão fechada adicional do pós-questionário, 95% dos alunos dos 6ºs anos e 92% dos alunos dos 7ºs anos consideraram que os recursos empregados os ajudaram a entender o que é nanotecnologia. Este resultado é condizente com os apresentados anteriormente, uma vez que as respostas às demais questões demonstraram uma mudança de percepção em relação ao tema nanotecnologia, tanto ao que se refere ao termo em si quanto às áreas onde ela é aplicada. Pode-se inferir, assim, que o presente trabalho, além de ter como perspectiva avaliar os recursos didáticos oferecidos para a nanotecnologia, disponibilizou um novo conhecimento para os estudantes participantes que desconheciam o assunto.

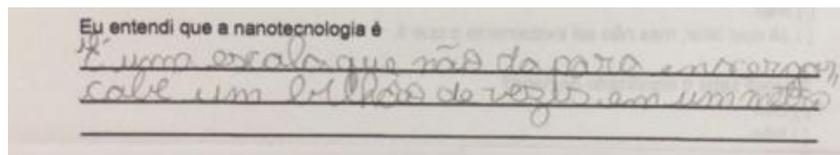
Na última pergunta do pós-questionário, os alunos apresentaram de forma cursiva o entendimento sobre o termo “Nanotecnologia”. Foram obtidas 95 respostas entre alunos dos 6ºs e 7ºs anos. Pela análise das respostas foram levantadas quatro categorias, a saber: A- Entendimento da nanotecnologia como ciência e como composição de áreas diferentes da ciência (14 respostas, Figura 4); B- Confusão entre nanotecnologia e o termo nano, associando a nanotecnologia à escala de tamanho (34 respostas, Figura 5); C- Associação da nanotecnologia aos produtos dela obtidos (12 respostas, Figura 6) e D- Outras respostas, muito heterogêneas ou inespecíficas (11 respostas). 22 respostas se encaixaram em mais de uma categoria (A/B: 5 respostas; A/C: 8 respostas; e B/C: 9 respostas). Apenas duas respostas

indicaram a aquisição mais ampla sobre o conceito de nanotecnologia, associando esta com a noção de ciência multidisciplinar, com a tecnologia de produtos em si e explicitando o termo nano, sem confusão com a nanotecnologia em si (Figura 7).



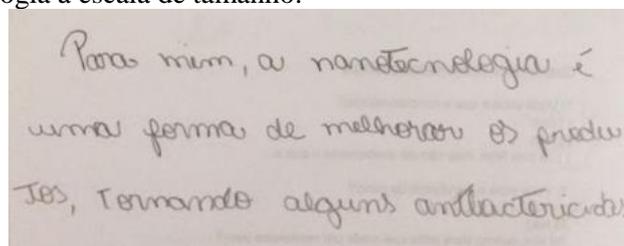
Eu entendi que a nanotecnologia é a combinação de áreas da ciência.

Figura 4. Exemplo de resposta da categoria A: Entendimento da nanotecnologia como ciência e como composição de áreas diferentes da ciência.



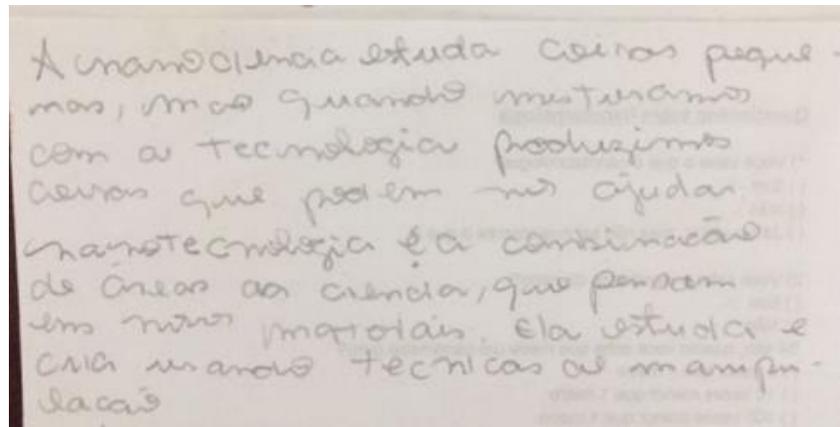
Eu entendi que a nanotecnologia é uma escala que não dá para enxergar, cabe um milhão de vezes em um metro.

Figura 5. Exemplo de resposta da categoria B: Confusão entre nanotecnologia e o termo nano, associando a nanotecnologia à escala de tamanho.



Para mim, a nanotecnologia é uma forma de melhorar os produtos, tornando alguns anticancerígenos.

Figura 6. Exemplo de resposta da categoria C: Associação da nanotecnologia aos produtos dela obtidos



A nanociência estuda coisas pequenas, mas quando misturamos com a tecnologia produzimos coisas que podem nos ajudar. Nanotecnologia é a combinação de áreas da ciência, que pensam em coisas maiores. Ela estuda e cria usando técnicas de manipulação.

Figura 7. Exemplo de resposta de maior espectro de compreensão sobre nanotecnologia.

A análise dessas respostas indica que, ao mesmo tempo em que o recurso da escala nanométrica disponível no *site* teve um grande impacto sobre boa parte dos alunos, a separação entre o termo nano e a nanotecnologia precisa ser melhor detalhada. Por outro lado, o número de alunos que compreendeu a nanotecnologia como ciência ou como tecnologia demonstra a aquisição de um repertório conceitual importante acerca do tema, ampliando a visão de mundo desses alunos e aproximando a ciência do cotidiano escolar. Evidenciando a importância deste tipo de comunicação sobre nanotecnologia no ambiente escolar, pode-se verificar os resultados encontrados também por Schank, Krajcik & Yunker (2007) em seu trabalho para elucidar os equívocos praticados pelos estudantes. Sendo assim, mais experiências de aproximação desta temática na educação básica poderiam proporcionar aos alunos oportunidades de (re)-significação de termos e conceitos que estão circulando com maior frequência não apenas na

escola, mas principalmente nos meios de comunicação (SCHANK, KRAJCIK & YUNKER, 2009).

CONSIDERAÇÕES

Os resultados obtidos neste trabalho mostram, de maneira clara, a contribuição de cada um dos recursos didáticos empregados e, principalmente, mostrando aos alunos os inúmeros benefícios e aplicações da nanotecnologia, a qual se trata de uma contribuição de químicos, físicos, matemáticos, engenheiros e biólogos para a sociedade. Do ponto de vista da ampliação do repertório da cultura científica dos estudantes pesquisados, pode-se inferir que tanto o *site* NanoEACH como a sua abordagem em sala de aula tiveram contribuição importante.

Como lembra Vogt (2003), a dinâmica da cultura científica pode ser melhor compreendida se imaginada como uma espiral, partindo da produção do conhecimento científico e chegando à divulgação da ciência, voltando então ao seu ponto inicial, mas em um novo patamar de conhecimento. Dessa forma, para que se construa uma sociedade em que tal espiral tenha constante evolução, é necessário que sua passagem pelo ensino de ciências seja efetiva, formando pessoas que conheçam e compreendam a ciência como construção humana e como parte integrante de sua vida. Assim, iniciativas como o *site* NanoEACH são úteis e cada vez mais necessárias para que os estudantes compreendam a ciência como algo próximo e, principalmente, dinâmico no contexto da comunicação pública da ciência e das tecnologias digitais de comunicação e informação (NEWHAGEN, 1996). Do ponto de vista do ensino da Química, tais iniciativas representam uma necessária aproximação entre ciência e sociedade e sua relação com outras áreas das ciências. Conforme Roco (2002), o desafio chave para a nanotecnologia é a educação das gerações futuras na perspectiva da compreensão da ciência como um campo multidisciplinar.

Por fim, como lembram Ausubel, Novak & Hanesian (1980), um dos fatores mais importantes influenciando a aprendizagem é aquilo que o estudante já sabe, conhecimentos prévios que servirão de âncora para que novos conhecimentos componham a estrutura cognitiva do aprendiz e o mantenha, assim, com interesse para a aquisição de novos conhecimentos. Assim, em um momento em que a internet se faz tão presente no cotidiano dos estudantes, ferramentas virtuais que possibilitem a construção de conhecimentos para além da lousa e livro didático e que tragam ressonância com o dia a dia dos alunos para além da sala de aula, como o *site* NanoEACH, podem trazer novo significado ao ensino da Química.

AGRADECIMENTOS

Nossos agradecimentos à direção, coordenação e alunos da Escola Estadual Dom Miguel Kruse por viabilizarem e participarem das atividades envolvidas neste trabalho.

REFERÊNCIAS

ACADEMIA BRASILEIRA DE CIÊNCIAS. (2007). *O Ensino de ciências e a educação básica: propostas para superar a crise*. Academia Brasileira de Ciências. Rio de Janeiro: Academia Brasileira de Ciências.

- AUSUBEL, D. P.; NOVAK, J. D.; HANESIAN, H. (1980). *Psicologia educacional*. Rio de Janeiro: Ed. Interamericana.
- DELGADO, F.P.; HONÓRIO, K.M.; SANNOMIYA, M. Nanotecnologia: desenvolvimento de materiais didáticos para uma abordagem no ensino fundamental. *Química Nova na Escola*, v. 32, p. 32-73, 2010.
- BARDIN, L. (2004). *Análise de conteúdo*. 3 ed. Lisboa: Edições 70, 2004.
- BRASIL. (1998). Secretaria de Educação Fundamental. *Parâmetros curriculares nacionais : Ciências Naturais / Secretaria de Educação Fundamental*. Brasília : MEC / SEF.
- CHAGAS, A. T. (2000). O questionário na pesquisa científica. *Administração On Line* v.1, n.1. Disponível em http://www.fecap.br/adm_online/art11/anival.htm, acessado em Maio 2017.
- CHANG, R. P. H. (2006). A call for nanoscience education. *Nano Today*, v. 1, p. 6-7.
- DURAN, N.; MATTOSO, L. H. C.; MORAIS, P. C. (2006). *Nanotecnologia: introdução, preparação e caracterização de nanomateriais e exemplos de aplicação*. São Paulo: Artliber.
- FREIRE, P. (2002). *Pedagogia da autonomia: saberes necessários à prática educativa*. 21ª Edição. São Paulo: Editora Paz e Terra, p. 23.
- FOUREZ, G. (1997). Scientific and technological literacy as a social practice. *Social Studies of Science*, v. 27, p. 903-936.
- GUAZZELLI, M. J. & PEREZ, J. (Org.) (2009). *Nanotecnologia: a manipulação do invisível*. Centro Ecológico, 42p.
- LIU, S. C. (2014). *A importância da química no desenvolvimento da sociedade*. São Paulo. Disponível em http://alchemy.iq.usp.br/oqsp/OQSP-2015-2-Cristina_Liu.pdf, acessado Maio 2017.
- MARTINS, I. P.; SIMÕES, M. O.; SIMÕES, T. S.; LOPES, J. M.; COSTA, J. A.; RIBEIRO-CLARO, P. (2004). Educação em Química e Ensino de Química – Perspectivas curriculares. *Química e Ensino*, v. 42, p. 42-45.
- NEWHAGEN, J. E. (1996). Why communication researchers should study the Internet: A dialogue. *Journal of Communication*, v. 46, n. 1, p. 4-13.
- NANOEACH. *O que é nano*. (2016). Disponível em: <http://www.each.usp.br/nanoeach/>, acessado em Outubro 2016.
- OCDE – Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Econômico. (2016). *Brasil no Pisa 2015: análises e reflexões sobre o desempenho de estudantes brasileiros*. São Paulo: Fundação Sentillana. Disponível em http://download.inep.gov.br/acoes_internacionais/pisa/resultados/2015/pisa2015_completo_final_baixa.pdf, acessado em Maio 2017.
- PRETTO, N. L. (1999). *Globalização & Organização: mercado de trabalho, tecnologias de comunicação, educação a distância e sociedade planetária*. Ijuí: Ed. Unijuí.
- PINHEIRO, N. A. M.; SILVEIRA, R. M. C. F.; BAZZO, W. A. (2007). Ciência, Tecnologia e Sociedade: a relevância do enfoque CTS para o contexto do ensino médio. *Ciência & Educação*, v. 13, p. 71-84.

- ROCO, M. C. (2002). Nanoscale science and engineering education activities in the United States. *Journal of Nanoparticle Research*, v. 4, p. 271-274.
- SCHANK, P.; KRAJCIK, J.; YUNKER, M. (2007). *Can nanoscience be a catalyst for educational reform?*. Em F. Allhoff, P. Lin, & J. Moor (Eds.), *Nanoethics: The ethical and social implications of nanotechnology*. (pp. 277-290), Wiley.
- SCHANK, P.; WISE, P.; STANFORD, T.; ROSENQUIST, A. (2009). *Can high school students learn nanoscience? An evaluation of the viability and impact of the nanosense curriculum*. Menlo Park, CA: SRI International.
- SILVEIRA, R. M. C. F. & BAZZO, W. A. (2006). *Ciência e Tecnologia: transformando a relação do ser humano com o mundo*. IX Simpósio Internacional Processo Civilizador (Tecnologia e Civilização). Paraná, 13 p.
- TAVARES, A. (2008). *Nanotecnologia: uma abordagem didática*. Monografia do curso de licenciatura em Física, Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 28p.
- VEIGA, M. S. M.; QUENENHENN, A.; CARGNIN, C. (2012). *O Ensino de Química: algumas reflexões*. I Jornada de Didática - O Ensino como foco e I Fórum de Professores de Didática do Estado do Paraná. Londrina: UEL, v. 1, p. 189-198.
- VOGT, C. (2003). A espiral da cultura científica. *ComCiência*, [S. l]. Disponível em: <http://www.comciencia.br/reportagens/cultura/cultura01.shtml>, acessado em Maio 2017.
- VOGT, C. (2011). *De ciências, divulgação, futebol e bem-estar cultural*. In C. M. PORTO, A. M. P. BROTAS; S. T. BORTONIELO (orgs). *Diálogos entre ciência e divulgação científica: leituras contemporâneas*. Salvador: EDUFBA, 240p.
- <https://www.youtube.com/watch?v=se7FwPg9pUk>, acessado em Fevereiro 2017.
- <https://www.youtube.com/watch?v=iNYyanofBpI>, acessado em Fevereiro 2017.