

Nanotecnologia, um tema para o ensino médio utilizando a abordagem CTSA

Gabriel Antonio Fontes Rebello, Mécia de Matos Argyros, Wallace Leonardo Lopes Leite, Mayke Machado Santos, José Celestino Barros, Paula Macedo Lessa dos Santos e Joaquim Fernando Mendes da Silva

O tema nanociência e nanotecnologia foi explorado utilizando-se a abordagem Ciência, Tecnologia, Sociedade e Ambiente (CTSA) em uma turma da 1ª série do ensino médio. Para a execução desse projeto, foi desenvolvido um experimento que envolveu a preparação de nanopartículas magnéticas a partir da reação entre íons Fe(II) e Fe(III) em meio básico, empregando-se como reagentes materiais de uso comercial, bem como a elaboração de um vídeo didático sobre o tema.

► nanotecnologia, nanopartículas magnéticas, CTSA ◀

Recebido em 30/09/2010, aceito em 08/02/2012

O ambiente em que vivemos, seja ele natural ou construído, oferece uma riqueza de tópicos que podem ser explorados no conteúdo programático dos ensinos fundamental e médio, abordando-se temas ligados às questões científica, tecnológica, social e ambiental, que muito podem contribuir para o desenvolvimento de conceitos químicos e para a construção da cidadania (Zuin et al., 2009). Entretanto, indicadores mundiais como o Programa Internacional de Avaliação de Estudantes (PISA) (OCDE, 2010) apontam para um fraco desempenho dos alunos brasileiros em relação ao conhecimento em Ciências. Portanto, faz-se necessária e primordial a valorização de um ensino integrado de Ciências, no qual os conteúdos da Química sejam inter-relacionados aos temas da atualidade e aos processos naturais (Pereira et al., 2010).

A perspectiva Ciência-Tecnologia-Sociedade (CTS) é uma proposta didática que se iniciou na década de 1960 como uma forma de se compreender as inter-relações entre Ciência, Tecnologia e Sociedade e que depois originou uma vertente na qual se inclui as consequências

A seção "Química e sociedade" apresenta artigos que focalizam diferentes inter-relações entre Ciência e sociedade, procurando analisar o potencial e as limitações da Ciência na tentativa de compreender e solucionar problemas sociais.

[...] indicadores mundiais como o Programa Internacional de Avaliação de Estudantes (PISA) (OCDE, 2010) apontam para um fraco desempenho dos alunos brasileiros em relação ao conhecimento em Ciências.

dessas interações com o Meio Ambiente, sendo, nesse caso, usualmente denominada de abordagem Ciência-Tecnologia-Sociedade-Ambiente (CTSA) (Santos, 2007).

Partindo-se do princípio que a Ciência é fruto da produção cultural humana pautada sob as influências do ambiente social, político e econômico do momento, o mito de que esta é a salvadora da humanidade é questionável. Entretanto, uma visão positivista de Ciência, pura, neutra, sem aspirações políticas e sociais, ainda se faz presente em nossa sociedade. Na abordagem CTSA, a sociedade é o ponto central do processo educativo, e o aluno é, antes de tudo, um cidadão que precisa desenvolver habilidades, competências e criticismo. Nesse aspecto, a experimentação investigativa é fundamental para se discutir como a Ciência é construída e perceber as suas limitações (Ferreira et al., 2010). A partir daí, o aluno poderá compreender que o conhecimento científico não é uma verdade absoluta e sim uma permanente construção que, muitas vezes, necessita de rupturas conceituais e históricas para evoluir (Kuhn, 2007).

Na abordagem CTSA, o professor pode atuar de forma alternativa a um modelo tradicional de ensino, estruturando os conteúdos de química em temas sociais, nos quais o conteúdo disciplinar é inserido na medida em que ele se

torna necessário para a análise crítica e para a elaboração de propostas para a resolução dos problemas apresentados. A abordagem CTSA tem sido fruto de diversos estudos voltados para a formação do professor (Rebelo et al., 2008; Marques et al., 2007) ou para problemas experimentais como qualidade da água (Zuin et al., 2009), corantes (Pereira et al., 2006), etanol (Feierabend e Eilks, 2011), descarte de pilhas e baterias (Firme e Amaral, 2011), tecidos (Margel et al., 2006), nanotecnologia (Pereira et al., 2010), entre outros.

Este trabalho pretende desenvolver o tema nanociência e nanotecnologia no currículo de Química para o ensino médio a partir de uma proposta de preparação de nanopartículas de magnetita utilizando materiais de uso comum. Apesar desse tema apresentar grande expansão na sociedade e de o termo *nano* poder ser percebido em ambientes variados desde os acadêmicos e técnicos, até a sociedade em geral, o real conhecimento que a sociedade tem sobre nanotecnologia é uma questão que deve ser discutida. Essa pode ser uma ótima oportunidade para se trabalhar esse tema na escola, por meio de atividades que possibilitem ao aluno ter um conhecimento dos potenciais benefícios e prejuízos que uma nova tecnologia pode trazer.

A nanotecnologia permite aos cientistas trabalharem em escala celular e molecular. As propriedades das nanopartículas – como, por exemplo, sua alta dispersão e reatividade – representam um avanço quando comparadas a seus análogos não nanométricos (Lu et al., 2007). Entretanto, as mesmas propriedades que tornam a matéria nanoparticulada excepcional, podem oferecer riscos se acumuladas no ambiente e nos organismos vivos. As partículas ultrafinas na faixa nanométrica ($1 \text{ nm} = 10^{-9} \text{ m}$) podem ser divididas em três categorias: as de ocorrência natural (e.g., cinza vulcânica, maresia, material mineral), como produto da atividade humana (e.g., descargas de veículos, fumaça de cigarro, emissões industriais na atmosfera) ou produzidas para determinado fim (e.g., nanotubos de carbono, nanofios, nanofibras). Com o aumento da concentração dessas duas últimas no ambiente, seus efeitos levam ao que se chama de nanopoluição. Na saúde humana, podem ter efeitos danosos sobre o DNA, sistema imunológico e no trato cardiorrespiratório (Chang, 2010). Apesar disso, a reatividade diferenciada das nanopartículas, e consequentemente dos nanomateriais, é utilizada para contornar danos ambientais, sendo aplicadas em métodos de nanorremediação *in situ*, que buscam transformar ou destoxificar poluentes. No entanto, ainda assim, sua mobilidade, biodisponibilidade, toxicidade e persistência no ambiente é um risco que deve ser bem avaliado (Karn et al., 2009).

Na abordagem CTSA, a sociedade é o ponto central do processo educativo, e o aluno é, antes de tudo, um cidadão que precisa desenvolver habilidades, competências e criticismo.

Apesar de esse tema apresentar grande expansão na sociedade e de o termo *nano* poder ser percebido em ambientes variados desde os acadêmicos e técnicos, até a sociedade em geral, o real conhecimento que a sociedade tem sobre nanotecnologia é uma questão que deve ser discutida.

Metodologia

Nosso grupo de pesquisa em Educação Química vem atuando na elaboração de projetos didáticos baseados na abordagem CTSA, visando estimular e facilitar o processo de ensino e aprendizagem de Química em escolas públicas do estado do Rio de Janeiro, além de colaborar com a formação continuada de docentes de química do ensino médio. O grupo é constituído por professores, pesquisadores e alunos do Instituto de Química da UFRJ, além de alunos do Colégio de Aplicação da UFRJ, bolsistas de Iniciação Científica Júnior em um projeto para o desenvolvimento de experimentos didáticos para o ensino médio.

A primeira etapa deste trabalho consistiu no desenvolvimento de uma metodologia de preparação de nanopartículas de Fe_3O_4 pelos bolsistas de Iniciação Científica Júnior, alunos do Colégio de Aplicação da UFRJ. Inicialmente, as nanopartículas e seus agregados foram obtidos utilizando-se reagentes analíticos e, em seguida, a metodologia empregada foi adaptada para o uso de materiais do cotidiano.

Os experimentos acima descritos foram filmados para a elaboração de um vídeo de apoio didático a ser exibido na escola, para permitir que os alunos possam comparar a metodologia laboratorial àquela executada na escola. O vídeo incluiu ainda uma apresentação sobre escala nanométrica, estrutura microscópica da magnetita e aplicações tecnológicas de nanopartículas.

Por fim, desenvolvemos um conjunto de atividades em uma sala de aula de uma escola pública estadual de Duque de Caxias, município da Baixada Fluminense, com alunos do 1º ano do ensino médio. Este incluiu uma pesquisa feita pelos alunos sobre os termos nanociência e nanotecnologia, obtenção das nanopartículas e seus agregados pelos alunos, além de uma explanação do tema pela professora regente da turma, utilizando como recurso didático o vídeo elaborado pelo nosso grupo, e finalizando-se com um debate sobre o tema nanotecnologia.

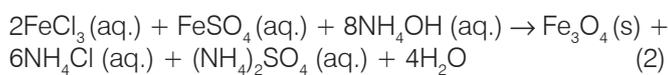
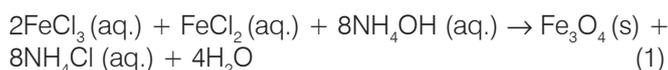
Elaboração de metodologia para a obtenção de magnetita a partir de materiais do cotidiano

A escolha da preparação das nanopartículas magnéticas de Fe_3O_4 aconteceu por quatro razões: a possibilidade de obtenção a partir de materiais de baixo custo e fácil acesso; a fácil inserção de diferentes conceitos químicos em diversas etapas do experimento; a visualização imediata das propriedades magnéticas dos seus agregados; e a existência de diversas

aplicações industriais dessas nanopartículas, tais como o uso em selantes magnéticos para motores, tintas magnéticas para cheques bancários e mídias para gravação de dados. Também são importantes as aplicações biomédicas

dessas nanopartículas em contrastes para imagens por ressonância magnética, agentes na terapia anticâncer, detecção de bactérias, remoção de toxinas e na purificação de proteínas (Pankhurst et al., 2003; Tartaj et al., 2003; Gao et al., 2009).

As reações para a formação das nanopartículas de magnetita podem ser descritas pelas equações de oxirredução (1) ou (2), dependendo da fonte de íons Fe(II): cloreto ferroso (FeCl_2 , Equação 1) ou sulfato ferroso (FeSO_4 , Equação 2).



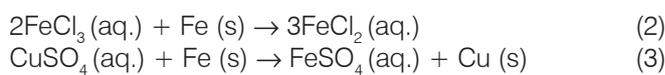
A formação de nanopartículas de magnetita já foi proposta como prática para alunos (Berger et al., 1999), mas não a partir de reagentes disponíveis comercialmente. Na metodologia desenvolvida em nosso grupo, utilizando materiais cotidianos, o único reagente analítico empregado foi sulfato de cobre (II) penta-hidratado ($\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$) da marca Vetec. Os materiais de uso comercial empregados foram cloreto férrico anidro (FeCl_3) da marca Suetoku Ltda., utilizado na confecção de placas de circuito impresso e obtido em lojas de eletrônica sob o nome percloreto de ferro; solução de hidróxido de amônio (20,5% p/v, aproximadamente 6 M) da marca ADV, obtida em farmácias; esponja de lã de aço adquirida em supermercados; além de ímã para caixa de som, encontrado em lojas de equipamentos eletrônicos. O sulfato de cobre penta-hidratado pode ainda ser encontrado em lojas de suprimentos para piscinas ou como fungicida (Cupro Dimy®, rotulado como 20% de sulfato de cobre).

Para a preparação da solução de FeCl_3 0,2 M, adicionou-se, em um béquer, FeCl_3 anidro (8,1 g), que foram diluídos em água, e em seguida avolumou-se até 250 mL. Na preparação da solução de CuSO_4 0,2 M, adicionou-se, em um béquer, $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ (2,5 g), que foi dissolvido em água e avolumado até 50 mL. A solução de NH_4OH 0,5 M foi obtida pela diluição de 22 mL de solução de amônia comercial com água destilada até um volume de 250 mL.

Dois métodos foram empregados para a obtenção da solução de Fe(II) 0,2M. No primeiro, colocaram-se, em um tubo de ensaio, 10 mL da solução de FeCl_3 0,2M (1 mmol)

A escolha da preparação das nanopartículas magnéticas de Fe_3O_4 aconteceu por quatro razões: a possibilidade de obtenção a partir de materiais de baixo custo e fácil acesso; a fácil inserção de diferentes conceitos químicos em diversas etapas do experimento; a visualização imediata das propriedades magnéticas dos seus agregados; e a existência de diversas aplicações industriais dessas nanopartículas, tais como o uso em selantes magnéticos para motores, tintas magnéticas para cheques bancários e mídias para gravação de dados.

bastão de vidro. O tubo foi agitado e deixado em repouso durante 15 minutos para a reação se completar, tempo durante o qual se observou o descoramento da solução azul, além de depósito de cobre metálico, $\text{Cu}^0(\text{s})$ (Equação 3).



As nanopartículas magnéticas foram preparadas segundo um procedimento descrito na literatura (Horák et al., 2007) da seguinte maneira: a uma solução de 10 mL de Fe(II) 0,2 M (1 mmol), foram adicionados 20 mL de solução de Fe(III) 0,2 M (2 mmol). A essa mistura, foram adicionados, lentamente e sob agitação, 120 mL de solução de NH_4OH 0,5M (60 mmol). A mistura reacional foi deixada em repouso por cerca de quinze minutos para a precipitação dos agregados de magnetita, que foram atraídas pelo ímã.

Elaboração do vídeo didático

Com o desenvolvimento de novas tecnologias da informação e comunicação, iniciou-se um processo de inserção destas na educação, objetivando promover a busca e a evolução dos métodos de ensino e aprendizagem por meio da utilização de recursos da computação gráfica que amplificam o conceito restritivo de sala de aula.

Alguns estudos têm relatado que os temas relacionados à geometria molecular encontram-se entre aqueles em relação aos quais estudantes de nível médio e universitário encontram maiores dificuldades do tipo perceptivo e epistemológico (Furió e Calatayud, 1996). O uso da computação gráfica como suporte para simulações tridimensionais auxilia na representação do comportamento da natureza e no rompimento das restrições na manipulação de imagens bidimensionais.

Muitas das características de uma determinada substância podem ser compreendidas mediante à sua visualização tridimensional, sendo, assim, uma instrumentalização que

Alguns estudos têm relatado que os temas relacionados à geometria molecular encontram-se entre aqueles em relação aos quais estudantes de nível médio e universitário encontram maiores dificuldades do tipo perceptivo e epistemológico (Furió e Calatayud, 1996). O uso da computação gráfica como suporte para simulações tridimensionais auxilia na representação do comportamento da natureza e no rompimento das restrições na manipulação de imagens bidimensionais.

amplia o potencial de aprendizagem, dando condições para o desenvolvimento de métodos para a construção de modelos pelos alunos (Behar, 1993).

Muitos estudiosos em educação entendem que o computador deve ser visto como mais um recurso didático colocado à disposição de professores e alunos (Carrher, 1992; Coburn, 1988; Lollini, 1991; Jucá, 2006; Clebsch e Mors, 2004). Os recursos da computação gráfica contribuíram, neste trabalho, para a visualização de um modelo da rede cristalina da magnetita. Dessa forma, foi possível fazer uma aproximação da realidade microscópica utilizando-se um modelo virtual.

Os tópicos do vídeo didático foram organizados da seguinte forma: introdução ao tema nanociência e nanotecnologia, com figuras e textos apresentados sob forma de *slides*; filmagem da execução do experimento em laboratório de pesquisa; e simulação computacional da formação de nanopartículas de Fe_3O_4 , de seu retículo cristalino e da sua utilização em medicina.

No processo de elaboração do vídeo, foi utilizado o programa gratuito *Google SketchUp* de modelagem tridimensional, que permite a renderização de imagens e animações e a criação de gráficos com movimento e efeitos visuais para produção dos vídeos.

Na criação da modelagem tridimensional, o rigor com a descrição da geometria molecular foi o foco do processo de criação. Em seguida, gráficos, legendas e efeitos visuais foram criados para descrever, de forma sucinta, os assuntos e fenômenos abordados no trabalho.

Desenvolvimento do tema nanociência e nanotecnologia em sala de aula

O tema nanociência e nanotecnologia foi desenvolvido em sala de aula durante duas semanas com uma turma de 40 alunos, na faixa de 14 a 16 anos, da primeira série do ensino médio do Instituto de Educação Governador Roberto Silveira, um colégio estadual localizado em Duque de Caxias, região metropolitana do Rio de Janeiro.

Em uma primeira etapa, os alunos fizeram uma pesquisa individual sobre o significado dos termos nanociência e nanotecnologia. Na semana seguinte, a professora apresentou o tema utilizando o vídeo didático. A primeira parte do vídeo enfatizou conceitos tais como a medição de um átomo, do DNA, de uma célula e até de um fio de cabelo, utilizando-se a escala nanométrica. Também foram apresentadas as diferentes propriedades de um material nanoparticulado e seu correlato comum, utilizando-se como exemplo um bloqueador solar. Nessa mesma aula, os alunos foram organizados em grupos de trabalho e realizaram a preparação das nanopartículas de magnetita e de seus agregados, utilizando um roteiro da prática previamente preparado. A propriedade magnética da magnetita foi testada utilizando-se um ímã.

Após o término do experimento, os alunos assistiram à segunda parte do vídeo, no qual foi mostrado o procedimento experimental, sendo realizado por um aluno da Iniciação Científica Júnior no laboratório de pesquisa. Em seguida, foi apresentada a simulação virtual da formação da nanopartícula de magnetita e a formação de nanocomplexos de magnetita e quitosana, que poderiam, em princípio, ser utilizados como carreadores de fármacos (Alexiou *et al.*, 2001), com aplicação no tratamento de várias doenças como o câncer, por exemplo.

A aula foi finalizada com um debate sobre os benefícios da nanotecnologia por meio do uso de nanomateriais com propriedades diferenciadas e dos potenciais problemas de ordem ambiental e saúde pública que o acúmulo de nanopartículas poderá causar, originando, dessa forma, a nanopoluição. O tema nanotecnologia foi inserido no contexto curricular no momento em que os alunos estavam aprendendo a Classificação Periódica dos

A síntese da magnetita foi realizada pelos alunos, organizados em grupos de trabalho, o que possibilitou a discussão entre estes sobre os detalhes que envolveram a experimentação, tais como a leitura do roteiro, a medição dos volumes das soluções, a preparação e a verificação do magnetismo do agregado formado por intermédio da atração exercida pelo ímã quando este foi aproximado do material.

Elementos, portanto, foram propostos exercícios sobre a classificação periódica dos elementos constituintes dos reagentes utilizados, tais como Fe, Cl, O, dentre outros. Os conceitos de cátion e ânion, estudados no bimestre anterior, também foram reforçados, uma vez que foi mencionada a reação entre íons Fe (II) e Fe (III). Além destes, três questões relativas às atividades realizadas foram apresentadas. Na aula seguinte, os alunos entregaram o questionário.

Resultados e discussão

Para o desenvolvimento do tema nanotecnologia em sala de aula, solicitou-se uma pesquisa prévia pelos alunos, com o objetivo de aguçar a curiosidade sobre o assunto e sensibilizá-los para a etapa seguinte, na qual o tema foi apresentado com o auxílio do vídeo didático, seguido da experimentação. A apresentação do vídeo ocorreu em duas partes, intercaladas pela preparação de magnetita. A primeira parte teve como objetivo apresentar os conceitos nanociência e nanotecnologia, o significado do termo *nano* e a apresentação de uma escala nanométrica, tomando-se como exemplo materiais com dimensões de 10^{-1} a 10^5 nm. Dessa forma, buscou-se comparar, por meio do recurso visual, o tamanho de entidades microscópicas entre si, até um material macroscópico, o fio de cabelo.

A síntese da magnetita foi realizada pelos alunos, organizados em grupos de trabalho, o que possibilitou a discussão entre estes sobre os detalhes que envolveram a experimentação, tais como a leitura do roteiro, a medição dos volumes das soluções, a preparação e a verificação do magnetismo do agregado formado por intermédio da atração exercida pelo ímã quando este foi aproximado do material. Essa etapa final foi a mais motivadora e até lúdica, pois os estudantes conseguiam deslizar o precipitado

formado (magnetita) pela parede do frasco na qual foi realizada a síntese. A eles, foi permitido experimentar e investigar as propriedades do material preparado, assim como usar a experimentação para sanar dúvidas e curiosidades. Por exemplo, uma aluna, ao ver as partículas de magnetita sendo arrastadas pelo ímã pela parede do recipiente em sentido contrário à força gravitacional, ficou curiosa em saber se, com esse procedimento, ela conseguiria arrastar o material acima da superfície da solução. Entretanto, em vez de proceder a essa verificação espontaneamente, ela perguntou aos professores se tal fenômeno ocorreria. Incentivou-se, então, que ela mesma testasse e tirasse suas próprias conclusões, o que fez em seguida, maravilhando-se com a passagem da magnetita pela superfície líquida e percebendo que as propriedades magnéticas se mantinham mesmo fora do meio líquido.

A apresentação da segunda parte do vídeo, na qual foi mostrada a execução do experimento em laboratório de pesquisa, fez com que os alunos comparassem o resultado obtido por eles, alunos do ensino médio, e o produzido em ambiente laboratorial. No final do vídeo, em que se mostrava a animação gráfica que representa a formação da nanopartícula de magnetita, objetivou-se esclarecer o que ocorre no processo em escala atômica, ou seja, de que forma os átomos dos reagentes combinam-se para formar o produto da reação, a magnetita, cuja fórmula mínima é Fe_3O_4 , organizada em retículo cristalino (Rowan et al., 2009; Berger et al., 1999). Também foi discutido o uso das nanopartículas de Fe_3O_4 como carreadoras de fármacos, uma vez que é possível transportar magneticamente um medicamento ligado a um nanocomplexo pelo organismo até o local onde se deseja liberar o medicamento. Esse processo é conhecido como *drug delivery* e oferece como vantagem a possível diminuição de efeitos colaterais e a otimização da biodisponibilidade do fármaco (Alexiou et al., 2001). O entendimento desse mecanismo complexo por parte dos estudantes foi facilitado à medida que eles puderam experimentar a condução da magnetita por um ímã e comparar com o que ocorre no organismo.

O debate promovido ao final trouxe questões como a nanopoluição e os impactos ambientais e sociais que as novas tecnologias podem promover. Quando inicialmente perguntados se a nanotecnologia poderia apresentar benefícios ou malefícios à sociedade, um

As respostas apresentadas pelos estudantes, na semana seguinte, demonstraram o entendimento do tema, que em princípio era desconhecido por eles. Alguns reconheceram a importância da química a partir de sua utilidade tecnológica e não pelos conteúdos formais do currículo. Perceberam a dualidade dos efeitos gerados pela inserção de uma nova tecnologia que pode trazer benefícios, mas também pode ocasionar riscos socioambientais.

O tema nanotecnologia permite a discussão de vários conceitos fundamentais em química, além de Classificação Periódica dos Elementos, tais como funções inorgânicas, estequiometria, número de oxidação, equações de oxirredução, além da preparação de soluções e transferência de líquidos e, dessa forma, as observações experimentais e as construções teóricas geradas podem ser resgatadas e aprofundadas em diferentes momentos do ensino médio.

dos estudantes respondeu: “se é tecnologia, é bom!”. Essa afirmação demonstrou que a percepção da sociedade em relação à tecnologia nem sempre oferece uma visão crítica desta, ou seja, ela pode ser vista como algo somente bom e que traz progresso. Suas implicações socioambientais muitas vezes não são questionadas.

A aplicação de exercícios e questões relativas às atividades teve como objetivo avaliar o que foi apreendido pelos alunos, ou seja, verificar se o uso da abordagem CTSA contribuiu para a construção de um conceito sobre o tema e o desenvolvimento de um pensamento crítico a respeito de novas tecnologias. Dentre as questões respondidas

pelos alunos, três delas enfatizaram o tema nanotecnologia. No Quadro 1, essas questões são apresentadas com as transcrições de trechos das respostas produzidas pelos alunos.

A primeira parte da atividade – constituída pela pesquisa inicial, pela explanação do assunto e pelo experimento – enfatizou a abordagem científica e tecnológica do tema. Na segunda parte, em que a ênfase concentrou-se na utilização dos nanomateriais em medicina e na nanopoluição, buscou-se trabalhar o tema nanociência e nanotecnologia de forma crítica e reflexiva, mostrando que o desenvolvimento de uma nova tecnologia deve incitar questionamentos por parte da sociedade, no sentido de se conhecer seus benefícios e os potenciais prejuízos vinculados ao uso indiscriminado de processos e produtos inovadores. As respostas apresentadas pelos estudantes, na semana seguinte, demonstraram o entendimento do tema, que em princípio era desconhecido por eles. Alguns reconheceram a importância da química a partir de sua utilidade tecnológica e não pelos conteúdos formais do currículo. Perceberam a dualidade dos efeitos gerados pela inserção de uma nova tecnologia que pode trazer benefícios, mas também pode ocasionar riscos socioambientais.

Considerações finais

Neste trabalho, relatamos como foi possível preparar nanopartículas de magnetita a partir de materiais de baixo custo. Esse material, por exibir propriedades magnéticas e possuir utilidade tecnológica, serviu para o desenvolvimento do tema nanociência e nanotecnologia no ensino de química, utilizando-se uma abordagem CTSA. A execução do experimento pôde ser feita em sala de aula,

onde os alunos trabalharam em grupos, o que ofereceu uma economia de material e, conseqüentemente, menor

Quadro 1: Algumas das respostas dos alunos quanto às questões sobre nanociência e nanotecnologia após as atividades desenvolvidas na turma.

Questão	Resposta dos grupos
Que propriedade esta substância (magnetita) apresenta para ser aproveitada na condução de medicamentos através do organismo humano? Explique.	Ela é “grudada” no medicamento e através de um aparelho é transportada diretamente para o local “defeituoso”, diminuindo assim os efeitos colaterais. Magnetita. Ela conduz o medicamento até o lugar certo e evita efeitos colaterais.
Quais os prós e os contras do uso da nanociência e da nanotecnologia?	As nanopartículas são muito boas para a medicina, a nanociência pode ser útil para transportar os “medicamentos” para o lugar da doença. E na cosmética é usada, por exemplo, para que o protetor solar fique transparente. No entanto, as nanopartículas podem trazer a nanopoluição. Podemos aprender que a nanociência está relacionada às diversas áreas do conhecimento humano e tem por meta a compreensão e o controle da matéria nanométrica. E nanopartículas que é uma poluição que pode ser muito perigosa uma vez que pode flutuar pelo ar e essa poluição devido ao seu tamanho pequeno, os nanopoluentes, podem entrar dentro das células animais e vegetais. Uma das coisas mais interessantes foi descobrir que a nanociência pode ajudar na cura do câncer o que é um dos maiores pontos positivos. E na nossa opinião o ponto negativo é a nanopoluição que é uma coisa séria por se tratar de um particulado “químico” que pode interagir até mesmo na saúde das pessoas.
Dê sua opinião como estudante do ensino médio, sobre a experiência que você realizou. Pode ser a opinião geral do grupo ou individual. Comente as atividades desenvolvidas como: pesquisa, exibição do vídeo, execução do experimento e a discussão em debate, indicando a(s) mais interessante(s), qual o nível de dificuldade do grupo ou individual, a clareza do roteiro, se houve aprendizado, se o conteúdo e as questões propostas são relevantes para o conhecimento em química e suas tecnologias. Comente algo mais se desejar.	Gostamos muito da experiência, pois pensávamos que a química era uma coisa sem valor nenhum. Conseguimos entender que a química traz muitos benefícios para a humanidade. Achamos a experiência boa e produtiva, de modo que quando misturamos as substâncias nos surpreendemos com o resultado obtido com o efeito do ímã. Percebemos a importância de aprender coisas que não nos interessamos aparentemente, e que quando a aula é dinamizada o aprendizado é bem maior e mais fácil. Também vimos a importância da nanociência no mundo de hoje, ou seja, aprendemos muito e gostamos de tudo que foi feito e apresentado.

8

produção de resíduos. O planejamento das atividades foi fundamental para o desenvolvimento do tema e da compreensão por parte dos alunos.

O tema nanotecnologia permite a discussão de vários conceitos fundamentais em química, além de Classificação Periódica dos Elementos, tais como funções inorgânicas, estequiometria, número de oxidação, equações de oxirredução, além da preparação de soluções e transferência de líquidos e, dessa forma, as observações experimentais e as construções teóricas geradas podem ser resgatadas e aprofundadas em diferentes momentos do ensino médio.

O questionário pode ser um reforço para os alunos na reflexão dos conceitos trabalhados e uma forma de avaliação para o professor acerca da efetividade da proposta quanto aos objetivos pretendidos. Já o vídeo produzido ofereceu um apoio como recurso didático para a condução do tema em aula que, por se tratar de um material permanente, poderá ser usado inúmeras vezes e em locais diferentes. Após a construção coletiva de conhecimentos acerca do tema, a promoção do debate

mostrou-se importante como instrumento de reflexão e de conscientização cidadã.

Agradecimentos

Os autores agradecem a participação do Instituto de Educação Governador Roberto Silveira (Duque de Caxias – RJ); ao Prof. Waldmir de Araújo Neto (IQ/UFRJ) pela leitura crítica e sugestões; à CAPES; à FAPERJ; e ao CNPq, pelo apoio financeiro.

Gabriel Antonio Fontes Rebelo e **Mécia de Matos Argyros** são alunos do Colégio de Aplicação da UFRJ e bolsistas de Iniciação Científica Júnior, Rio de Janeiro, RJ - BR. **Wallace Leonardo Lopes Leite** é aluno de graduação da UFRJ, Rio de Janeiro, RJ - BR. **Mayke Machado Santos** é aluno de graduação e pós-graduação lato sensu em ensino de Química pela UFRJ, Rio de Janeiro, RJ - BR. **José Celestino Barros**, engenheiro químico pelo IME e mestre em Química pela UFRJ, é doutorando em Química pela UFRJ, Rio de Janeiro, RJ - BR. **Paula Macedo Lessa dos Santos**, graduada em Química pela UERJ, mestre e doutora em Química de Produtos Naturais pela UFRJ, é química na UFRJ e professora do ensino médio, Rio de Janeiro, RJ - BR. **Joaquim Fernando Mendes da Silva** (joaquim@iq.ufrj.br) é professor do Instituto de Química da UFRJ e coordenador do curso de Especialização em Ensino de Química desta instituição, Rio de Janeiro, RJ - BR.

Referências

- ALEXIOU, C.; ARNOLD, W.; HULIN, P.; ROSWITHA, J.K.; RENZ, H.; PARAK, F.G.; BERGMANN, C. e LUBBE, A.S. Magnetic mitoxantrone nanoparticle detection by histology, X-ray and MRI after magnetic tumor targeting. *Journal of Magnetism and Magnetic Materials*, v. 225, n. 1-2, p. 187-193, 2001.
- BEHAR, P.B. *Avaliação de softwares educacionais no processo ensino-aprendizagem computadorizado: estudo de caso*. 1993. Dissertação (Mestrado)- Ciências da Computação. Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 1993.
- BERGER, P.; ADELMAN, N.B.; BECKMAN, K.J.; CAMPBELL, D.J.; ELLIS, A.B. e LISENSKY, G.C. Preparation and properties of an aqueous ferrofluid. *Journal of Chemical Education* v. 76, n. 7, p. 943-948, 1999.
- CARRAHER, D.W. O papel do computador na aprendizagem. *Acesso*, v. 3, n. 5, p. 19-21, 1992.
- CHANG, C. The immune effects of naturally occurring and synthetic nanoparticles. *Journal of Autoimmunity*, v. 34, n. 3, p. j234-j246, 2010.
- CHASSOT, A.I. *Catalisando transformações na educação*. Ijuí: Unijuí, 1993.
- CLEBSCH, A.B. e MORS, P.M. Explorando recursos simples de informática e audiovisuais: uma experiência no ensino de Fluidos. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, v. 26, n. 4, p. 323-333, 2004.
- COBURN, P. *Informática na educação*. São Paulo: Livros Técnicos e Científicos, 1988.
- FEIERABEND, T. e EILKS, I. Teaching the societal dimension of chemistry using a socio-critical and problem-oriented lesson plan based on bioethanol usage. *Journal of Chemical Education*, v. 88, n. 9, p. 1250-1256, 2011.
- FERREIRA, L.H.; HARTWIG, D.R. e OLIVEIRA, R.C. Ensino Experimental de Química: Uma abordagem investigativa contextualizada. *Química Nova na Escola*, v.32, n.2, p.101-106, 2010.
- FIRME, R.N. e AMARAL, E.M.R. Analisando a implementação de uma abordagem CTS na sala de aula de química. *Ciência & Educação*, v. 17, n. 2, p. 383-399, 2011.
- FURIÓ, C. e CALATAYUD, M.L. Difficulties with the geometry and polarity of molecules. Beyond misconceptions. *Journal of Chemical Education*, v. 73, n. 1, p. 36-41, 1996.
- GAO, J.; GU, H. e XU, B. Multifunctional magnetic nanoparticles: design, synthesis, and biomedical applications. *Accounts of Chemical Research*, v. 42, n. 8, p. 1097-1107, 2009.
- GOOGLE SketchUp: programa de criação de modelos em 3D. Disponível em: <<http://sketchup.google.com>>. Acesso em 5 jun. 2009.
- HORÁK, D.; BABIČ, M.; JENDELOVÁ, P.; HERYNEK, V.; TRCHOVÁ, M.; PIENKA, Z.; POLLERT, E.; HÁJEK, M. e SYKOVÁ, E. D-mannose-modified iron oxide nanoparticles for stem cell labeling. *Bioconjugate Chemistry*, v. 18, n. 3, p. 635-644, 2007.
- JUCÁ, S.C.S. A relevância dos softwares educativos na educação profissional. *Ciências & Cognição*, v. 8, p. 22-28, 2006.
- KARN, B.; KUIKEN, T. e OTTO, M. Nanotechnology and *in situ* remediation: a review of the benefits and risks. *Environmental Health Perspectives*, v. 117, n. 12, p. 1823-1831, 2009.
- KUHN, T.S. *A Estrutura das revoluções científicas*. 9. ed. São Paulo: Perspectiva, 2007, 264 p.
- LOLLINI, P. *Didática e computadores: quando e como a informática na escola*. São Paulo: Loyola, 1991.
- LU, A.-H.; SALABAS, E.L. e SCHÜTH, F. Magnetic nanoparticles: synthesis, protection, functionalization, and application. *Angewandte Chemie International Edition*, v. 46, n. 8, p. 1222-1244, 2007.
- MARGEL, H.; EYLON, B.-S. e SCHERZ, Z. From textiles to molecules - teaching about fibers to integrate students' macro- and microscale knowledge of materials. *Journal of Chemical Education*, v. 83, n. 10, p. 1552, 2006.
- MARQUES, C.A.; GONÇALVES, F.P.; ZAMPIRON, E.; COELHO, J.C.; MELLO, L.C.; OLIVEIRA, P.R.S. e LINDEMANN, R.H. Visões de meio ambiente e implicações pedagógicas no ensino de química na escola média. *Química Nova*, v. 30, n. 8, p. 2043-2052, 2007.
- OCDE. Organização para Cooperação e Desenvolvimento Econômico. *Programa Internacional de Avaliação de Alunos - PISA 2009*. Disponível em: <<http://www.oecd.org/dataoecd/54/12/46643496.pdf>>. Acesso em: 28 jul. 2011.
- PANKHURST, Q.A.; CONNOLLY, J.; JONES, S.K. e DOBSON, J. Applications of magnetic nanoparticles in biomedicine. *Journal of Physics D: Applied Physics*, v. 36, p. R167-R181, 2003.
- PEREIRA, M.M.; PAIXÃO, M.F. e CACHAPUZ, A.F. Bridging the gap: from traditional silk dyeing chemistry to a secondary-school chemistry project. *Journal of Chemical Education*, v. 83, n. 10, p. 1546, 2006.
- PEREIRA, F.D.; HONÓRIO, K.M. e SANNOMIYA, M. Nanotecnologia: desenvolvimento de materiais didáticos para uma abordagem no ensino fundamental. *Química Nova na Escola*, v. 32, n. 2, p. 73-77, 2010.
- PETERS, O. *Didática do ensino a distância: experiências e estágio da discussão numa visão internacional*. São Leopoldo: Unisinos, 2001.
- REBELO, I.S.; MARTINS, I.P. e PEDROSA, M.A. Formação contínua de professores para uma orientação CTS do ensino de química: um estudo de caso. *Química Nova na Escola*, v. 27, p. 30-33, 2008.
- ROWAN, A.D.; PATTERSON, C.H. e GASPAROV, L.V. Hybrid density functional theory applied to magnetite: Crystal structure, charge order, and phonons. *Physical Review B*, v. 79, n. 20, 205103, 2009.
- SANTOS, W.L.P. Contextualização no ensino de ciências por meio de temas CTS em uma perspectiva crítica. *Ciência & Ensino*, v. 1, 2007. Disponível em: <<http://www.ige.unicamp.br/ojs/index.php/cienciaeensino/article/view/149/120>>. Acesso em: 10 mar. 2009.
- TARTAJ, P.; MORALES, M.P.; VEINTE MILLAS-VERDAGUER, S.; GONZÁLEZ-CARREÑO, T. e SERNA, C.J. The preparation of magnetic nanoparticles for applications in biomedicine. *Journal of Physics D: Applied Physics*, v. 36, p. R182-R187, 2003.
- ZUIN, V.G.; IORIATTI, M.C.S. e MATHEUS, C.E. O emprego de parâmetros físicos e químicos para a avaliação da qualidade de águas naturais: uma proposta para a educação química e ambiental na perspectiva CTS. *Química Nova na Escola*, v. 31, n. 1, p. 3-8, 2009.

Abstract: The subject Nanoscience and Nanotechnology was developed in 1st series of high school classroom using the STSE (Science, Technology, Society and Environment) approach. The experiment involved the preparation of nanoparticles from the reaction between Fe(II) and Fe(III) ions in basic medium from starting materials of commercial use and the elaboration of a didactic video on the subject.

Keywords: nanotechnology, magnetic nanoparticles, STSE.