

Experimentação como Estratégia para Abordar a Temática Nanotecnologia no Ensino Médio numa Perspectiva CTSA

Experimentation as Strategy to Address the Nanotechnology Theme in High School from an STSE Perspective

Geni dos S. Maria,^a Daniel das C. A. Ribeiro,^b Camila G. Passos,^{a,b,*}  Maria do C. M. Alves,^a

^a Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Instituto de Química, Programa de Mestrado Profissional em Química em Rede Nacional, Campus do Vale, Av. Bento Gonçalves 9500, prédio 43111, sala 218/3, CEP 90501-970, Bairro Agronomia, Porto Alegre-RS, Brasil

^b Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Instituto de Química, Programa de Pós-Graduação em Química, Campus do Vale, Av. Bento Gonçalves 9500, prédio 43111, sala 218/3, CEP 90501-970, Bairro Agronomia, Porto Alegre-RS, Brasil

Programa de Mestrado Profissional em Química em Rede Nacional (PROFQUI)

*E-mail: camila.passos@ufrgs.br

Recebido: 28 de Março de 2021

Aceito: 28 de Março de 2021

Publicado online: 8 de Junho de 2021

This paper presents results of a qualitative investigation on the use of experimentation with focus on the Science, Technology, Society and Environment (STSE) interface, to approach the contents of atomic structure and material properties based on the theme Nanotechnology. The research was carried out with students of the first year of high school during the evening course at a state public school in the city of Porto Alegre, RS, in 2019. Data were collected with a questionnaire applied before and after the pedagogical interventions proposed in the educational product developed in the Graduate Program of the Professional Master's Degree in Chemistry in the National Network (PROFQUI) of the Federal University of Rio Grande do Sul. The educational product includes practical activities of synthesis using low-cost materials and generation of innocuous residues: (i) one about silver nanoparticles, as well as their characterization, by the Tyndall effect and their application in bacteriological control; and (ii) another one related to Fe₃O₄ magnetic nanoparticles presenting their use, through videos, in environmental remediation, drug carriers, tumor treatment and in mining. The synthesis were made available in the form of procedural protocols and didactic videos with their execution for later consultation and review of the concepts related to each of the experiments. The obtained responses were compared and it was concluded that the performance on the activities involved in the educational product supported the teaching and learning process.

Keywords: Nanotechnology; chemistry teaching; didactic videos

1. Introdução

O ensino e aprendizagem de conceitos que exigem muita abstração requerem temas e abordagens diferenciados e menos tradicionais, a fim de que atraiam a atenção do público do ensino médio noturno. Segundo Robert Gagné,¹ a aprendizagem é estimulada pelo mundo externo, sendo a fase de motivação a primeira parte desse processo.

As propriedades dos materiais com dimensões de cerca de 1-100 nanômetros mudam consideravelmente quando comparadas às dos materiais massivos e essas alterações podem ser contextualizadas à luz dos conhecimentos em química, física e matemática.^{2,3} Além disso, átomos e moléculas fazem parte dos conceitos iniciais trabalhados no ensino médio e a nanotecnologia se baseia na manipulação de átomos e moléculas para formar materiais e estruturas em escala nanométrica possibilitando o desenvolvimento de materiais com propriedades específicas e aplicações práticas.

Esse fato, aliado à constante veiculação de reportagens nos meios de comunicação acerca de produtos que usam nanotecnologia presentes no mercado,⁴ suporta uma proposta de trabalho nesse tema como estratégia para a abordagem dos conteúdos de nanotecnologia e de propriedades dos materiais.

A síntese, caracterização e aplicação das nanopartículas de prata, bem como sua devida contextualização, podem ser didaticamente exploradas no ensino médio como tema para abordagem de conteúdos escolares como estrutura atômica e propriedades dos materiais, uma vez que há na literatura metodologias para a síntese, caracterização e aplicação destas, com uso de materiais de baixo custo e fácil aquisição,^{3,4} proposta do presente trabalho. Nesse sentido, este artigo apresenta resultados de uma investigação de caráter qualitativo, sobre o uso da experimentação com enfoque na interface Ciência, Tecnologia, Sociedade e Ambiente (CTSA), para abordagem dos conteúdos de estrutura atômica e propriedades dos materiais a partir da temática Nanotecnologia.

As nanopartículas paramagnéticas² possuem aplicação em muitas áreas, o que permite que esse tema seja abordado e discutido sob vários aspectos, além de ser contextualizado no ensino

médio no tratamento de assuntos relacionados à estrutura atômica dos materiais e no impacto do conhecimento científico no desenvolvimento tecnológico.

Para Santos,⁵ a abordagem de temas com enfoque CTS (Ciência, Tecnologia e Sociedade) tem por objetivo promover a educação científica e tecnológica dos alunos, de forma a desenvolver habilidades, construir saberes e adquirir os valores necessários para atuarem como cidadãos responsáveis em áreas relacionadas à ciência e ao emprego de suas tecnologias na sociedade.

2. Referenciais Teóricos

2.1. Pressupostos teóricos dos ensinamentos CTS e CTSA

O movimento CTS surgiu no século XX após a constatação de que a área científica e tecnológica precisavam ser analisadas criticamente, uma vez que gerou insatisfação social, principalmente em virtude do desenvolvimento de produtos bélicos.⁶ Esse descontentamento conduziu, num segundo momento, a necessidade de inclusão da temática ambiental, já que, conseqüentemente, a produção científica e tecnológica haveria de ter impacto nessa área. Sendo assim, o movimento passou a ser conhecido como CTSA (Ciência, Tecnologia, Sociedade e Ambiente).⁷

Para Schnetzler e Santos,⁸ deve-se salientar a previsibilidade, transitoriedade e incerteza das teorias científicas para ampliar a busca de possibilidade para resolução dos problemas apresentados aos alunos. No que se refere à tecnologia, essa deve ser considerada como suporte às demandas sociais e, finalmente, no que diz respeito à sociedade, deve-se salientar a importância da percepção dos alunos acerca do conhecimento adquirido e o poder de sua participação democrática como forma de contribuição na elaboração de leis que melhor respondem aos anseios da sociedade.

Dessa forma, abriu-se espaço para discussões políticas e culturais acerca do tema Ciência e Tecnologia, com a preocupação de, inclusive, inserir o assunto nos currículos de ensino escolar e acadêmico.^{3,4,7}

A tarefa do professor, que elabora suas aulas sob a ótica desse movimento, é, entre muitas outras, trazer sempre discussões e considerações acerca do desenvolvimento científico e tecnológico para o debate nas turmas tanto quanto os conteúdos relacionados a cada tema, bem como integrar o aluno ao seu meio social.⁵ Para tal, torna-se imprescindível que o professor utilize metodologias que façam com que o educando se reconheça no meio social como indivíduo capaz de opinar e se posicionar frente às situações com que a sociedade se depara, com seus produtos tecnológicos e conhecimentos adquiridos para produzi-los.⁸ Portanto, a atuação do professor sob essa perspectiva adquire caráter reflexivo, protagonista, autônomo e com vistas ao bem da coletividade.⁹

No que tange ao ensino de Química, os trabalhos de Wildson Luiz Pereira dos Santos vêm sendo referência desde a década de 1990. Para o autor, a abordagem de temas CTS

tem por objetivo promover a educação científica e tecnológica dos estudantes, de forma a desenvolver habilidades, construir saberes e adquirir os valores necessários para atuarem como cidadãos responsáveis em áreas relacionadas à ciência e ao emprego de suas tecnologias na sociedade.¹⁰ Além disso, a abordagem de temas CTS no ensino de Química permite a formação de cidadãos mais conscientes e que estes tenham participação em decisões públicas, as quais acabam, muitas vezes, ficando restritas a parcelas mais elitizadas da população. Em outras palavras, o ensino de Química por meio de abordagens temáticas pode auxiliar na promoção da democracia, pois possibilita a formação de um aluno consciente de seu papel na sociedade.^{9,10}

O enfoque CTSA (Ciência, Tecnologia, Sociedade e Ambiente) surgiu da necessidade de somar as discussões sobre os impactos ambientais provenientes da ciência aos debates trazidos pelo Movimento CTS. Essa abordagem amplia a atuação cidadã da comunidade e a torna capaz de analisar criticamente matérias veiculadas pela mídia que nem sempre apresentam os possíveis problemas decorrentes da tecnologia.¹¹

De uma forma geral podemos apontar que todo movimento CTS inclui a dimensão ambiental na relação CTS.¹⁰ Entretanto, “[...]discussões sobre CTS podem tomar um rumo que não, necessariamente, questões ambientais sejam consideradas ou priorizadas e, nesse sentido, o movimento CTSA vem resgatar o papel da educação ambiental (EA) do movimento inicial de CTS” (Santos, 2007, p. 1).⁵ Assim, nesta pesquisa optamos por utilizar a sigla CTSA para dar ênfase à temática ambiental associada à aplicação das nanopartículas.

2.2. A Experimentação no ensino de ciências

Estudos apontam que a experimentação como metodologia de ensino, aliada às práticas que possam se aproximar do cotidiano do aprendiz, seja capaz de reverter a falta de interesse dos estudantes pelas aulas de Química¹² e capacitam os educandos a aplicarem os conhecimentos adquiridos nas aulas nas diversas situações de suas vidas.¹³

Lisboa¹³ destaca que a experimentação favorece os processos de ensino e aprendizagem nas aulas de Ciências tanto com o uso de experimentos ilustrativos/demonstrativos, quanto com aqueles que se fundamentam em uma perspectiva investigativa. Este último tipo de experimento também propicia o desenvolvimento de procedimentos e atitudes inerentes à atividade científica. Ademais, as atividades experimentais demonstrativas podem ser utilizadas para incitar a discussão, o levantamento de ideias e favorecer o estudo dos conceitos necessários através da previsão, observação e explicação de resultados. Assim, as atividades experimentais podem ser pensadas para além da utilização de um roteiro pronto e acabado, com a previsão de um resultado padrão e esperado, como se tivessem fim em si mesmas.¹⁴

Convergente com este pensamento, Braibante e Pazinato (2014)¹⁵ defendem que os experimentos possuem potencialidades quando incitam a investigação, pois

favorecem o entendimento da natureza da Química como Ciência em constante construção social e histórica.

Segundo apontam pesquisas, a capacidade investigativa do aluno, habilidade desejável na solução de problemas e compreensão dos fenômenos, é promovida pela metodologia da experimentação. Isso é possível porque essas atividades favorecem o estudo dos conteúdos curriculares, e assim põem lado a lado teoria e prática, ampliando a aproximação entre professor e aluno e, portanto, a possibilidade de uma melhor compreensão acerca dos fenômenos e representações utilizadas nas aulas de Química.¹⁵⁻¹⁷

As pesquisas na área da experimentação no ensino também afirmam que as aulas práticas podem ser realizadas com materiais que os alunos mesmos possam manusear, de baixo custo e cujas atividades possam ser realizadas em ambientes alternativos.^{13,14}

A experimentação também rompe com a ideia de conhecimento construído e acabado trazido por metodologias de transmissão e memorização. Nela, há noções de que os saberes são construções colaborativas e passíveis de serem substituídos ao serem superados.¹⁵⁻¹⁷

A escolha de assuntos que tenham relação com o cotidiano e com os quais se possam trabalhar conceitos escolares, rompendo com a lógica transmissiva do conhecimento e utilizando a abordagem CTS, oportuniza a construção de conhecimento sob uma ótica contextualizada, uma vez que aos alunos são apresentados temas relacionados a produtos já conhecidos desse público.^{13,14}

A urgência em adotar metodologias de ensino que favoreçam a aprendizagem é justificada, pois a investigação em Didática das Ciências^{15,16} evidencia que os estudantes aprendem cada vez menos e interessam-se pouco pelos conteúdos ministrados, pelo distanciamento da realidade e nível de abstração necessário para compreensão de tais conhecimentos científicos. Os estudos apontam ainda que os estudantes não aprendem as ciências que se ensina, ou que se têm intenção de ensinar, apresentando dificuldades e detectando-se problemas de aprendizagem ao nível de concepções, de procedimentos e de atitudes.¹⁶⁻¹⁸

3. Materiais e Métodos

A pesquisa realizada neste trabalho tem como fundamentos teóricos a abordagem fenomenológica, uma vez que se dedica a estudar um fenômeno educacional, no caso, o desenvolvimento e a aplicação de um material didático. A pesquisa, de caráter qualitativo, foi realizada seguindo a metodologia apresentada por Lüdke e André.¹⁹

Segundo os autores, a pesquisa qualitativa apresenta cinco características básicas:

- Contato direto e prolongado do pesquisador com o objeto de estudo;
- Predominância descritiva dos dados coletados;
- Maior preocupação com o processo do que com o produto da pesquisa;

- Atenção à perspectiva dos participantes;
- A análise dos dados se dá por meio de um processo indutivo.¹⁹

Para a coleta de dados, foram utilizados questionários (inicial e final) e o Diário de Campo da pesquisadora. O questionário era composto pela seguinte sequência de questionamentos: 1) O que significa tecnologia para você? 2) Para você, qual o significado do prefixo nano na palavra nanotecnologia? 3) Você acredita que é possível produzir na escola materiais utilizados na indústria com os conhecimentos da Química? 4) Você acredita que é possível produzir em sua casa materiais utilizados na indústria com os conhecimentos da Química? 5) Você acredita que alunos do ensino médio de escola pública podem ser cientistas? 6) Você acredita que os conhecimentos da Química podem contribuir em outras áreas?

A pesquisa foi realizada em uma turma de 1º ano do ensino médio noturno de uma escola pública estadual localizada na periferia da cidade de Porto Alegre, RS, que possui 62 estudantes na chamada, porém apenas cerca de vinte alunos com frequência regular. Ao final das atividades de pesquisa, quando o questionário foi reaplicado, foi possível contar com as respostas de apenas oito alunos para compor os resultados. A pesquisa foi realizada em 6 horas-aula não subsequentes, de oitenta minutos cada. Todos os participantes assinaram um termo de consentimento livre e esclarecido, o qual possibilitou aos participantes o conhecimento sobre os objetivos da presente investigação, as formas de participação e que a identidade dos mesmos permaneceria anônima. Esse instrumento também abordou acerca dos riscos e benefícios envolvidos em nossa pesquisa com o intuito de os integrantes poderem manifestar a sua vontade no sentido de participarem (ou não) de forma livre e consciente.

O desenvolvimento dessa proposta de trabalho iniciou com a aplicação do questionário e após a coleta das respostas foram ministradas aulas sobre as sínteses, realização da experimentação e aplicação do material sintetizado, possibilitando momentos de discussão sobre os temas trabalhados, não deixando de enfatizar o caráter tecnológico e de transformação que permeia a ciência Química.^{2,3} Os conteúdos de estrutura atômica e propriedades dos materiais concernentes ao tema foram abordados nas aulas subsequentes. A pesquisa culminou com a comparação entre as respostas obtidas antes das aulas e depois dessas, de forma exploratória e interpretativa.¹⁹

3.1. Reagentes e equipamentos

Para a síntese, caracterização e aplicação das nanopartículas de prata utilizou-se nitrato de prata, vitamina C efervescente (ácido ascórbico), um isqueiro, uma lamparina, gelatina sem sabor, caldo de carne, pipetas Pasteur, placas de Petri e filme plástico.

Para a síntese e caracterização das nanopartículas paramagnéticas, utilizou-se esponja de aço, vinagre, frascos de vidro com tampa, papel filtro, funis, peróxido

de hidrogênio (água oxigenada 10 volumes) hidróxido de sódio comercial (encontrado em produtos para limpeza de tubulação doméstica e limpeza de vaso sanitário), tubos de ensaio e um ímã.

Os EPI's utilizados nas duas atividades práticas foram: guarda-pó, óculos de proteção e luvas de látex. Os roteiros dos experimentos constam como Material Suplementar.

3.2. Elaboração de material didático

O Produto Educacional elaborado e analisado neste trabalho contém roteiros adaptados da literatura^{2,7} e vídeos produzidos pela pesquisadora sobre as duas sínteses. O referido material didático foi elaborado em pesquisa de mestrado desenvolvida no Programa de Pós-Graduação do Mestrado Profissional em Química em Rede Nacional (PROFQUI) da Universidade Federal do Rio Grande do Sul no período de 2017-2019.²⁰

A adaptação proposta pelos autores resultou na produção de soluções e reagentes em concentrações tais que pudessem ser utilizadas individualmente pelos alunos na escola durante as aulas. Dessas adaptações, surgiu a elaboração dos roteiros experimentais da síntese das nanopartículas de prata (controle biológico) e de óxido de ferro, magnetita Fe_3O_4 (paramagnética), respectivamente.

A caracterização das nanopartículas de prata foi verificada pelo efeito Tyndall, fenômeno de espalhamento coerente que se dá quando a luz laser incide sobre partículas de dimensões nanométricas em dispersão coloidal, efeito este que foi verificado com a utilização de um simples apontador comumente comercializado em centros populares de compras. O teste da eficácia das nanopartículas de prata, como controle bacteriológico, foi realizado submetendo o meio de cultura semissólido, previamente preparado com gelatina (ágar) sem sabor e caldo de carne sem tempero, à ação de dez gotas da dispersão de prata (placa teste), à qual mostrou desenvolvimento tardio de colônia de bactérias, quando comparada à placa sem a dispersão (placa controle) ao longo de três dias.

As nanopartículas paramagnéticas de óxido de ferro foram sintetizadas (ver material suplementar) e, logo após, testadas por um ímã, onde foi verificada sua atração por esse material, característico de partículas paramagnéticas. Suas finalidades foram contextualizadas com a utilização de vídeos²¹⁻²³ já disponíveis na rede nos quais são mostradas algumas possibilidades de aplicação, tais como eliminação de células cancerosas por hipertermia, processo no qual as nanopartículas de ferro são funcionalizadas e ligadas à parede celular e logo submetidas à presença de campo magnético oscilante que causa aquecimento em torno de 45 °C, causando morte celular; ou como carreadora de fármacos, na qual a nanopartícula paramagnética é ligada a um fármaco que trata a célula doente direcionada por um ímã. Esse material é também uma excelente proposta na remediação ambiental, uma vez que com a devida funcionalização pode ser ligado ao material poluente e, posteriormente, ser retirado do meio

através de ímãs, potencialidade esta comentada em sala de aula pelo professor pesquisador.

Durante a aplicação deste trabalho, foram ainda produzidos vídeos caseiros com as sínteses de nanopartículas de prata e de óxido de ferro nos quais somente a professora pesquisadora foi gravada realizando as atividades práticas dos roteiros, a fim de que esses possam ser acessados e utilizados como apoio didático. Esse material foi elaborado com o próprio telefone celular da profissional e editado com programa de edição de texto (VSDC)²⁴ e disponibilizado no sítio *youtube*.^{25,26}

4. Resultados e Discussão

Os experimentos propostos puderam ancorar conceitos iniciais da Química e, com eles, os alunos puderam ver na prática uma reação química ocorrendo, seja através da mudança de coloração pela mistura de dois reagentes (oxidação do ferro II a ferro III pelo peróxido de hidrogênio), seja pela formação das nanopartículas de prata pela redução de sua solução de nitrato pelo ácido ascórbico (vitamina C efervescente) ou ainda pela coprecipitação dos íons ferro II e ferro III pelo hidróxido de sódio para formar as nanopartículas paramagnéticas de óxido de ferro, magnetita- Fe_3O_4 .

Essas aulas transcorreram com bastante motivação, até porque tratavam-se de alunos que ainda não tinham tido contato com atividades experimentais, embora soubessem da existência de laboratório na escola. Além de fornecer suporte aos conteúdos da Química, a metodologia proposta apresentou um produto de uso doméstico (esponja com nanopartículas de prata) e mostrou a possibilidade de produção na escola de uma etapa da produção dessas nanopartículas, além de sua caracterização (efeito Tyndall) e do teste de sua eficácia (com meio de cultura) bem como de produzir nanopartículas paramagnéticas de amplo emprego na medicina e em remediação ambiental.

Essas produções conduziram discussões acerca do papel da escola e dos alunos na sociedade e dos impactos sociais, políticos e ambientais trazidos pelas Ciências da Natureza, conforme preconizam o Movimento CTSA.⁷ Esse fato enriqueceu grandemente as aulas, uma vez que motivou os educandos a participarem dos diálogos e reflexões, o que é bem raro em se tratando do público de escola pública noturna.

Após as atividades práticas e contextualização dos temas apresentados, o questionário aplicado antes das aulas foi reaplicado e as respostas nos dois momentos estão relatadas e discutidas nos parágrafos seguintes. A seguir, estão relacionadas as questões que foram aplicadas aos alunos e nas Tabelas 1 a 6, as respostas mantendo a literalidade de seus textos.

A Tabela 1 nos mostra que os estudantes relacionaram a palavra tecnologia à internet, aparelhos de telefonia celular e inovação nos dois momentos, não apresentando, portanto, mudança significativa nas respostas após a intervenção pedagógica. Porém, após as aulas, essa mesma palavra foi ligada aos experimentos, produtos modernos e inovações, o que revela que a intervenção didática, por intermédio

Tabela 1. Respostas da Questão 1: O que significa tecnologia para você?

Alunos	Antes da Intervenção	Após a Intervenção
Aluno 1	Aparelhos eletrônicos	Aparelhos modernos
Aluno 2	Significa um salto gigante na história	Significa um salto grande na história.
Aluno 3	Não sei	Experiência moderna
Aluno 4	Tudo aquilo que tem a ver com a internet	Tudo que envolve a internet.
Aluno 5	Aparelhos celulares e coisas ligadas à luz	Estudo sistemático sobre técnicas e procedimentos, métodos, meios e instrumentos de um ou mais ofícios ou domínios da atividade humana.
Aluno 6	Algo novo que entrou em nossas vidas para somar, agregar e para aprender a viver melhor.	Muito importante para a nossa Humanidade.
Aluno 7	Inovações para obter melhorias para a sociedade.	Inovações para facilitar a vida dos seres humanos. São coisas novas no futuro.
Aluno 8	Inovar coisas como celulares a cada época tem um mais avançado.	Significa conhecimento, estamos sempre aprendendo.

Tabela 2. Respostas da Questão 2: Para você, qual o significado do prefixo nano na palavra nanotecnologia?

Alunos	Antes da Intervenção	Após a Intervenção
Aluno 1	Minúsculo	Coisas minúsculas
Aluno 2	Um tipo de tecnologia muito pequena	Tecnologia pequena
Aluno 3	É muito importante	Sem resposta
Aluno 4	É a tecnologia da manipulação de átomos e moléculas	Não me lembro
Aluno 5	Não sei	É anão
Aluno 6	Algo novo que entrou em nossas vidas para somar e agregar e para aprender a viver melhor	São micropartículas
Aluno 7	Não sei	Nano=pequeno, tecnologia = invenções, ou seja, pequenas inovações para a sociedade
Aluno 8	Não sei	Uma tecnologia pequena mas grande ao mesmo tempo

Tabela 3. Respostas da questão 3: Você acredita que é possível produzir na escola materiais utilizados na indústria com os conhecimentos da Química?

Alunos	Antes da Intervenção	Após a Intervenção
Aluno 1	Não sei	Sim, se tiver investimento
Aluno 2	Não sei	Sim
Aluno 3	Sim, mas se tiver mais tecnologia	Sim, porque no colégio nós descobrimos mais coisas novas
Aluno 4	Sim	Sim
Aluno 5	Sim	Sim
Aluno 6	Sim, a Química está no nosso dia a dia	Sim, sempre a Química está em nossa vida
Aluno 7	Sim	Talvez
Aluno 8	Sim, acredito	Sim, pois há vários reagentes em nosso dia a dia

Tabela 4. Respostas da questão 4: Você acredita que é possível produzir em sua casa materiais utilizados na indústria com os conhecimentos da Química?

Alunos	Antes da Intervenção	Após a Intervenção
Aluno 1	Não sei	Sim, como produtos de limpeza
Aluno 2	Sim	Sim
Aluno 3	Não, porque tem muita coisa que é muito perigoso pra fazer em casa	Sim, se tiver em casa podemos fazer em casa os experimentos
Aluno 4	Não sei	Não
Aluno 5	Sim	Sim
Aluno 6	Algumas coisas acredito que sim	Sim, muitas empresas em casa e depois podem virar grandes empresas
Aluno 7	Sim, muitos materiais usando reações ou fórmulas químicas	Claro, aliás tudo hoje depende de materiais ou elementos químicos
Aluno 8	Sim	Sim, pois há muitos reagentes químicos que usamos e nem sabemos

Tabela 5. Respostas da questão 5: Você acredita que alunos do ensino médio podem ser cientistas?

Alunos	Antes da Intervenção	Após a Intervenção
Aluno 1	Sim, é só estudar e buscar	Sim, se estudar e dedicar muito
Aluno 2	Sim, pois tem muitos cientistas famosos que estudaram em escolas públicas e hoje são grandes nomes na ciência	Sim
Aluno 3	Sim, depende do que a pessoa quiser ser quando crescer	Sim, se tiver incentivo pelo colégio e pelo estado
Aluno 4	Sim, claro	Sim, claro
Aluno 5	Talvez	Não
Aluno 6	Sim, acredito que muitos cientistas estudaram em escola pública	Sim
Aluno 7	Sim, todos têm oportunidades	Sim, todos têm chances, com esforço e dedicação tudo é possível
Aluno 8	Sim	Sim, pois todos podem

Tabela 6. Respostas da questão 6: Você acredita que os conhecimentos da Química podem contribuir em outras áreas?

Alunos	Antes da Intervenção	Após a Intervenção
Aluno 1	Pode em conhecimento	Sim, tudo que a gente utiliza é da evolução da Ciência
Aluno 2	Sim	Sim
Aluno 3	Não sei	Sim, porque se pensar tudo que nós fizemos tem algo de Química
Aluno 4	Sim	Depende
Aluno 5	Sim	Sim
Aluno 6	Na fabricação de medicamentos e no nosso meio ambiente	Sim, em todas as áreas.
Aluno 7	Sim, pois a Química nunca anda sozinha	Sim, como a Biologia, a Física e a Matemática
Aluno 8	Sim acredito	Sim, eles ajudam em muitos procedimentos

dos vídeos e experimentação com enfoque CTSA, pode ter favorecido o processo de aprendizagem.

As sínteses apresentadas têm a possibilidade de serem realizadas em sala de aula, com baixo consumo de reagentes e geração de resíduos, tornando seus procedimentos aplicáveis e reaplicáveis, conforme a rotina de cada escola.

Portanto, um material que possa ser acessado muitas vezes como ferramenta de apoio às aulas para atender a esse público flutuante, bem como revisão de conceitos, técnicas e procedimentos, oportuniza o aprendizado em vários momentos.

O prefixo nano na palavra nanotecnologia, cujo significado foi questionado na pergunta 2, ilustrada na Tabela 2, no primeiro momento foi relacionado ao estudo de células, átomos e moléculas e ao tamanho dos materiais estudados para três alunos. Já na reaplicação do questionário, essa terminologia foi explicada com palavras que exprimiram a sua dimensão: nanico, anão, coisas minúsculas, “tecnologia pequena”. Houve evolução em 50% das respostas (alunos 5, 6, 7 e 8) quanto à proximidade do conceito apresentado pelos alunos ao aceite pela literatura após a intervenção pedagógica, o que se pode inferir que os alunos ampliaram a compreensão a respeito do tema trabalhado, bem como os conceitos a ele relacionados. Aqui se pode observar que o assunto escolhido por essa proposta de trabalho oportunizou evolução e apropriação do vocabulário científico, algo desejável e esperado para o aprendizado e formação do aluno de ensino médio.

A nanotecnologia vem sendo vista como uma importante temática a ser estudada na educação básica. Assim sendo, encontram-se indicações para o ensino da nanotecnologia

nas Orientações Curriculares para o Ensino Médio,²⁷ assim como nas Diretrizes Nacionais para a Educação Básica.²⁸ Sabe-se que para o ensino da nanotecnologia faz-se primordial uma abordagem crítica e reflexiva que tenha o intuito de tornar os educandos também críticos e reflexivos, tendo em vista os problemas tecnológicos e sociais oriundos de uma sociedade moderna.

Como se mostra neste trabalho, os aprendizes já possuem contato com a nanotecnologia, como consumidores e, também, por intermédio dos meios de comunicação os quais veiculam reportagens relacionadas aos produtos nanotecnológicos já existentes no mercado. Dessa maneira, torna-se fácil contextualizar estudos que relacionam a nanotecnologia à vivência, ao cotidiano dos aprendizes, motivando-os à construção do conhecimento, a partir de assuntos que lhes dizem respeito. A contextualização no ensino de Ciências, haja vista uma perspectiva CTSA, viabiliza uma aprendizagem que tenha significado para os aprendizes de conhecimentos científicos e tecnológicos relacionados à sociedade. Além disso, a contextualização dá valor às experiências de vida dos alunos e ao contexto ao qual eles estão inseridos e no qual agirão como membros ativos da sociedade em que vivem.

A questão 3 é uma das que mais revela o que os alunos pensam sobre a potencial conexão entre o conhecimento químico e as atividades escolares. Os alunos, quando questionados sobre a possibilidade de produzir-se na escola materiais utilizados na indústria, responderam que sim em seis das oito respostas, primeiramente. Após as aulas trabalhadas, sete dos oito alunos responderam que há

possibilidade de produção tecnológica na escola, apenas um aluno respondeu que isso talvez fosse possível. As respostas quanto a essa pergunta, mostradas na Tabela 3, revelam que houve aceitação dessa possibilidade após a intervenção pedagógica em todas as respostas. Isso ocorreu, claramente, após o contato com os materiais e experimentos realizados em aula e posterior contextualização acerca da aplicação dos produtos sintetizados.

Os estudantes, ao serem indagados sobre a produção de materiais tecnológicos em suas próprias casas, questão trazida na Tabela 4, responderam que sim em cinco das oito respostas; houve uma resposta negativa e duas respostas que revelaram dúvida. Após as aulas, foi obtida apenas uma resposta negativa. Essas respostas, mais uma vez, mostram que as intervenções pedagógicas trouxeram aos alunos informações que os fizeram considerar materiais de uso doméstico como reagentes e produtos oriundos da tecnologia construída com o conhecimento químico. Isso foi possível porque foram apresentados materiais com os quais os alunos possuíam familiaridade, como reagentes durante os experimentos.

Caso se pense na contextualização em seu sentido mais amplo, Auler e Bazzo⁶ defendem o emprego de um ensino de Química como um meio de educação para a vida no qual se associa o conteúdo do aprendizado em sala de aula e o cotidiano dos estudantes, formando-se, dessa maneira, um aluno-cidadão com habilidade de refletir, compreender, discutir e agir sobre a sociedade que está em sua volta.

Gonçalves e Marques¹⁸ apontam que a experimentação alicerçada no trabalho coletivo, na reflexão crítica sobre os resultados, na produção de apresentações orais e escritas sobre os experimentos, assim como no diálogo entre estudantes e professores valoriza os conhecimentos pessoais no processo de ensino e aprendizagem. Além disso, práticas investigativas contribuem para enriquecer o conhecimento dos alunos a respeito do papel da experimentação na produção do conhecimento científico.¹⁵

A Tabela 5 traz como questão a possibilidade de os alunos de ensino médio se tornarem cientistas. Os alunos inicialmente responderam que sim em sete das oito respostas; após as aulas ministradas se manteve uma resposta negativa. Esse retorno desfavorável, pode ter sido apresentado por um aluno que não participou das atividades, o que é muito comum a alunos do curso noturno, que por sua realidade de vulnerabilidade social e econômica, trabalham durante todo o dia e, muitas vezes, não têm ânimo para assistir às aulas noturnas. Todavia, destaca-se que a questão pode ter sido mal interpretada ou formulada, levando os alunos a pensarem que só podem ser cientistas os alunos do ensino superior ou quem já trabalha em laboratório.

No geral, entende-se que o resultado reflete que o contato que os alunos tiveram com as atividades práticas e experimentos, momentos nos quais eles se utilizaram de equipamentos de proteção individual (óculos, guardapés, luvas), foi positivo e estimulante. As atividades práticas responderam ao anseio que os alunos tinham pela

experimentação, uma vez que eles sabiam da existência de um laboratório e de um professor de Química na escola. Pode-se, ainda, afirmar que a experimentação possibilitou a discussão sobre os conceitos de reação e equação química, estequiometria, conservação de massa entre outros, durante a sua execução, sem o rigor e formalismo dos livros didáticos. Isso se deu na medida em que alguns alunos, durante as aulas práticas, não conseguiram obter os produtos esperados devido a erros na sequência e na quantidade dos reagentes, ocasião na qual os conceitos citados acima puderam ser contextualizados e testados. Os experimentos realizados apresentaram evidências macroscópicas, a comprovação da ocorrência ou não de reações químicas, favorecendo a compreensão de conceitos abstratos como o de átomo e moléculas.

Na Tabela 6, consta o último questionamento que foi sobre a contribuição dos conhecimentos da Química em outras áreas. Nos dois momentos, apenas uma resposta revela dúvida enquanto as demais afirmam que sim. As atividades práticas vieram acompanhadas da contextualização das aplicações dos produtos sintetizados, ou seja, durante a execução dos experimentos, houve discussão acerca da aplicação e importância da produção do material sintetizado e do papel da escola como iniciadora na formação científica.

Os estudos relativos a CTSA identificam-se como uma análise crítica e interdisciplinar da Ciência e da Tecnologia num contexto social, com o intuito de se entenderem os aspectos gerais do fenômeno científico-tecnológico.^{11,16}

De acordo com a análise das respostas dos alunos no questionário final, percebe-se que os dados da pesquisa convergem para os pressupostos teóricos de Acevedo,²⁹ que afirma que existem, no mínimo, três maneiras de compreensão da temática CTS no contexto educacional, a saber: I) Incremento e compreensão dos conhecimentos científicos e tecnológicos, bem como suas relações, com o objetivo de atrair mais alunos para estudos relacionados à ciência e tecnologia; II) Uma forma de potencializar os valores próprios da ciência e da tecnologia para compreender o que delas se pode aportar na sociedade, ponderando, também, aspectos éticos indispensáveis para o uso responsável; III) Um enfoque que possibilita, aos educandos, obterem maior compreensão das consequências sociais da ciência e da tecnologia, possibilitando, dessa maneira, a participação informada na sociedade cível.

Tendo em vista esses pressupostos, utilizou-se, neste artigo, estratégia de experimentação com abordagem em Ciência, Tecnologia, Sociedade e Ambiente (CTSA), partindo da nanotecnologia como tema para enfoque dos conteúdos de estrutura atômica e propriedades de materiais. Assim sendo, foram criadas duas atividades práticas de síntese, utilizando materiais de baixo custo e geração de resíduos inócuos: (i) uma de nanopartículas de prata, bem como sua caracterização, pelo efeito Tyndall e sua aplicação como controle bacteriológico; e (ii) outra de nanopartículas magnéticas de Fe_3O_4 , apresentando seu uso, através de vídeos, na remediação ambiental, carreadoras de fármacos,

tratamento de tumores e na mineração. Atividades essas que estão relacionadas ao dia a dia dos aprendizes e fazem-nos refletir sobre os benefícios e malefícios da nanotecnologia, tendo em vista um enfoque CTSA.

Nesse contexto, acredita-se que o ensino de Ciências com enfoque CTSA tem como objetivo preparar os futuros cidadãos para participarem de forma efetiva no processo democrático de tomada de decisões na sociedade.⁵ Dessa forma, acredita-se que os alunos possam compreender as interações entre ciência, tecnologia, sociedade e ambiente; desenvolver a capacidade de resolver problemas e tomar decisões relativas às questões com as quais se deparam como cidadãos.²⁹

5. Conclusão

Com o conjunto de dados analisados, identificou-se que houve ampliação no entendimento dos alunos sobre a nanotecnologia e a possibilidade de que esse tema possa ser explorado no ensino médio para abordar conteúdos de estrutura atômica e propriedade dos materiais, ainda que o assunto tenha sido levado a uma comunidade escolar que ainda não havia realizado atividades experimentais.

As atividades realizadas concordam com os pressupostos do movimento CTSA que preconizam a exploração de temas, aulas e materiais que sejam de conhecimento dos alunos. Com a realização das atividades experimentais e com os vídeos produzidos, os alunos puderam conhecer os materiais, reagentes e equipamentos utilizados na síntese e caracterização de nanopartículas e reconhecer que alguns itens são de uso cotidiano, aproximando, assim, a experimentação de atividades relacionadas às suas vivências diárias. O tema da nanotecnologia também proporcionou aos educandos e ao docente a oportunidade de discutir sobre as profissões ligadas às ciências e suas áreas de atuação. Assim, destacam-se as potencialidades do produto didático analisado nesta pesquisa para ser utilizado em diferentes contextos escolares de forma alternativa ao uso exclusivo do livro didático e de aulas tradicionais.

Referências Bibliográficas

1. Moreira, M. A.; *Teorias de Aprendizagem*, E.P.U.: São Paulo, 2017.
2. Toma, H. E.; *Nanotecnologia Molecular: materiais e dispositivos*, Blucher: São Paulo, 2016.
3. Toma, H. E.; *O mundo nanométrico: a dimensão do novo século*, Oficina de textos: São Paulo, 2009.
4. Silva, S. L.; Viana, M. M.; Mohallem, N. D. S.; Afinal, o que é nanociência e nanotecnologia? Uma abordagem para o ensino médio. *Química Nova na Escola* **2009**, *31*, 3. [Link]
5. Santos, W. L. P.; Contextualização no ensino de ciências por meio de temas CTS em uma perspectiva crítica. *Ciência e Ensino* **2008**, *1*, número especial. [Link]
6. Auler, D.; Bazzo, W. A.; Reflexões para a implementação do movimento CTS no contexto educacional brasileiro. *Ciência e Educação* **2001**, *7*, 1. [Link]
7. Rebello, G. A. F.; Argyros, M. M.; Leite, W. L. L.; Santos, M. M.; Barros, Santos, P. M. L.; Silva, J. F. M.; Nanotecnologia, um tema para o ensino médio utilizando a abordagem CTSA. *Química nova na escola* **2012**, *34*, 3. [Link]
8. Schnetzler, R. P.; Santos, W. L. P.; *Educação em Química: compromisso com a cidadania*, UNIJUI: Ijuí, 1997.
9. Moreno Rodríguez, A. S.; *Tese de Doutorado*, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2018. [Link]
10. Soares, F. A.; Selbach, A. L.; Passos, C. G.; Thematic unit on cleaning in Chemistry teaching: an example of the perspective of Science, Tech and Society. *Research, Society and Development* **2020**, *9*, 8. [CrossRef]
11. Melo, M. R.; Reis, T. M.; *Anais do IX Colóquio sobre Questões Curriculares/V Colóquio Luso-Brasileiro*, Porto, Portugal, 2011. [Link]
12. Giordan, M.; O papel da experimentação no ensino de ciências. *Química Nova na Escola* **1999**, *10*, 10. [Link]
13. Lisbôa, J. C. F.; QNEsc e a seção experimentação no ensino de química. *Química Nova na Escola* **2015**, *37*, 2. [CrossRef]
14. Silva, M. L.; O uso de materiais de baixo custo para experimentação nas aulas de densidade e pressão hidrostática. *Revista Prática Docente* **2017**, *2*, 1. [CrossRef]
15. Braibante, M. E. F.; Pazinato, M. S.; O Ensino de Química através de temáticas: contribuições do LAEQUI para a área. *Ciência e Natura* **2014**, *36*, 2. [CrossRef]
16. Membiela, P.; Padilla, Y.; Em *Retos y perspectivas de la enseñanza de las ciencias desde el enfoque Ciencia-Tecnología-Sociedad en los inicios del siglo XXI*; Membiela, P.; Padilla, Y., eds.; Blanco, A.; Uraga, C.; Barea, J. A.; Garrido, L. F.; Guijarro, F. J.; Guijarro, M. C.; Pozas, R.; Piano, J. A., 2002, cap. 14.
17. Membiela, P.; Padilla, Y.; Em *Retos y perspectivas de la enseñanza de las ciencias desde el enfoque Ciencia-Tecnología-Sociedad en los inicios del siglo XXI*; Membiela, P.; Padilla, Y., eds.; Matos, M. L.; Pedrosa, M. A.; Canavarró, J. M., 2002, cap. 16.
18. Gonçalves, F. P.; Marques, C. A.; Pesquisas e publicações acerca da experimentação no ensino de química. *Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências* **2012**, *12*, 1. [Link]
19. Ludke, M.; André, M. E. D. A.; *Pesquisa em educação: abordagens qualitativas*, E. P. U.: Rio de Janeiro, 2013.
20. Maria, G. S.; *Dissertação de Mestrado*, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2020. [Link]
21. Chitta, V.; Nanopartículas magnéticas aplicadas ao tratamento do câncer - PRG0002. Disponível em: <<https://www.youtube.com/watch?v=Ty18IEQeIig&t=4s>>. Acesso em: 26 janeiro 2021.
22. Sítio da Comisión Nacional de Energía Atómica. Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=CizPkaDEX_Y>. Acesso em: 26 janeiro 2021.
23. Sítio da Pesquisa FAPESP. Disponível em: <<https://www.youtube.com/watch?v=I-MmIL0DaaM&t=283s>>. Acesso em: 26 janeiro 2021.
24. VSDC. Video editor pro. Versão 6.3.8.46. Copyright (c) Flash-Integro LLC 2011.

25. Maria, G. S.; NanoMag. Disponível em: <<https://www.youtube.com/watch?v=7XrPMvyVdsA>>. Acesso em: 26 janeiro 2021.
26. Maria, G. S., Sint & Aplic Nano Ag. Disponível em: <<https://www.youtube.com/watch?v=fYalsJLYHIg>>. Acesso em: 26 janeiro 2021.
27. Brasil, Orientações Curriculares para o Ensino Médio – Ciências da Naturaza, Matemática e suas Tecnologias, 2006. [[Link](#)]
28. Brasil, Diretrizes Curriculares Nacionais para Educação Básica, 2013. [[Link](#)]
29. Acevedo, J. A.; Cambiando la práctica docente en la enseñanza de las ciencias a través de CTS. *Boletín de Área de Cooperación Científica de la OEI* **2001**, 15. [[Link](#)]