

UNIVERSIDADE FEDERAL DE ALFENAS – UNIFAL
MESTRADO NACIONAL PROFISSIONAL EM ENSINO DE FÍSICA

EVERTON EDUARDO XAVIER FERREIRA

“DESENVOLVIMENTO DE UMA PROPOSTA DE ENSINO DE
NANOCIÊNCIA E NANOTECNOLOGIA PARA ENSINO MÉDIO COM
ENFOQUE CTS”

Alfenas/MG

2019

UNIVERSIDADE FEDERAL DE ALFENAS – UNIFAL
MESTRADO NACIONAL PROFISSIONAL EM ENSINO DE FÍSICA

EVERTON EDUARDO XAVIER FERREIRA

“DESENVOLVIMENTO DE UMA PROPOSTA DE ENSINO DE
NANOCIÊNCIA E NANOTECNOLOGIA PARA ENSINO MÉDIO COM
ENFOQUE CTS”

Dissertação apresentada como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre pelo Mestrado Profissional em Ensino de Física / MNPEF, polo da Universidade Federal de Alfenas, MG. Linha de pesquisa: atualização curricular no Ensino Médio. Orientadora: Prof^a. Dra. Thirza Pavan Sorpreso

Alfenas/MG

2019

Dedico este trabalho aos meus pais, José e Gislaine e a minha namorada Teresa.

AGRADECIMENTOS

É realmente difícil escrever esse texto de agradecimento. Foram tantas pessoas que estiveram presentes em minha vida durante a realização desse trabalho e que contribuíram de alguma forma para que eu chegasse a esse momento que é quase impossível lembrar de todas. Mas, antes de tudo, gostaria de agradecer de coração ao meu pai, José, e à minha mãe, Gislaine, por todo apoio despendido durante toda a minha vida acadêmica, incentivando e ajudando a contornar todas as adversidades, sobretudo durante a realização desse curso de mestrado e a minha namorada Teresa, por todo apoio, paciência e companheirismo. Agradeço também aos meus amigos de longa data pelo apoio, em especial Gabriel Sibin e Emídio Mantoani.

Agradeço a todos os colegas e amigos que realizaram esse curso de mestrado comigo, em especial ao Danilo Yamaguti e ao Wellington Carvalho de Deus, pelo apoio nos momentos de dificuldade, pela presença nos momentos de diversão e por todo conhecimento trocado enquanto cursávamos as disciplinas e durante a escrita da dissertação.

Agradeço também à direção e coordenação da E. E. José Aleixo da Silva Passos por me conceder permissão de aplicar meu projeto de mestrado na escola e a todos os alunos que participaram.

Dedico meus sinceros agradecimentos a todos os professores que tive enquanto cursava as disciplinas, em especial a minha orientadora Prof^ª. Dra. Thirza Pavan Sorpreso, por ser uma pessoa incrível, uma profissional admirável com quem tive o prazer de compartilhar uma parte da minha carreira acadêmica e que foi fundamental para a realização desse trabalho.

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES)

“Como somos por vezes prisioneiros de esquemas de interpretações da vida, do mundo e da sociedade, uma linguagem crítica tem por finalidade libertar-nos dessa prisão e renovar o nosso olhar.”

(FOUREZ, 1995)

RESUMO

Apesar de o ensino de Física Moderna e Contemporânea (FMC) estar previsto nos Parâmetros Curriculares Nacionais (PCNs), observamos que no ensino de Física existe uma grande ênfase na Física Clássica e uma preocupação muito pequena com temas modernos e contemporâneos. Quando abordada, a FMC geralmente é resumida a um tópico no último bimestre do terceiro ano do Ensino Médio, abrangendo poucos temas e de forma extremamente superficial e os quais normalmente não incluem conceitos de Nanociência e Nanotecnologia (N&N). Nanociência e Nanotecnologia são uma parte da ciência que está em desenvolvimento e ascensão, com grande potencial na produção de novas tecnologias e é um tema que tem sido muito discutido atualmente em especial por seus possíveis impactos sociais e ambientais, o que torna necessária a sua abordagem no Ensino da Física na escola básica. Neste trabalho, propõe-se o desenvolvimento de uma unidade de ensino de N&N para o Ensino Médio desenvolvida com base nos pressupostos da abordagem Ciência, Tecnologia e Sociedade (CTS).

Palavras chave: Nanociência e Nanotecnologia; CTS; Física Moderna e Contemporânea; Ensino de Física; Ensino Médio.

ABSTRACT

Although the teaching of Modern and Contemporary Physics is foreseen in the Brazilian Curriculum Parameters, we observe that in the Physics teaching there is a great emphasis on Classical Physics and a very small concern with modern and contemporary subjects. When approached, Modern and Contemporary Physics is usually summarized to a topic in the last quarter of the third year of high school, covering few topics and on an extremely superficially way and usually do not include concepts of Nanoscience and Nanotechnology (N&N). Nanoscience and Nanotechnology are a developing and rising part of science, with great potential in new technologies production and it is a subject that has been much discussed today especially for its possible social and environmental impacts, which makes its approach necessary in the physics teaching at the elementary school. This paper proposes the development of a high school N&N teaching unit developed based on the presupposition of the Science, Technology and Society approach.

Keywords: Nanoscience and Nanotechnology; CTS; Modern and Contemporary Physics; Physics Teaching; High School.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Comparação entre os tamanhos de diferentes coisas com dimensões menores que um metro.	36
Figura 2: Comparação entre os tamanhos de diferentes coisas em função de nanômetros.	37
Figura 3: Demonstração do aumento da relação área superficial/volume.	39
Figura 4: Representação da estrutura do grafeno.	40
Figura 5: Forma de arranjo dos átomos de carbono no grafite, no diamante e no fulereno.	40
Figura 6: (a) Lençol de grafeno sendo enrolado em forma de cilindro. (b) Nanotubos de carbono de parede simples. (c) Nanotubos de carbono de paredes múltiplas.	40
Figura 7: Aparato de isopor e papelão visto por baixo. Nesses buracos são inseridos os ímãs de neodímio com formato cúbico.	42
Figura 8: Aparato de isopor e papelão visto por cima.	42
Figura 9: Aparato de isopor e papelão visto por baixo com os ímãs cúbicos posicionados e o ímã em forma de disco usado para “varrer” a superfície oposta do aparato.	43
Figura 10: Interface do simulador “Mudança de cor do ouro”	44
Figura 11: Simulação da cor do ouro quando suas partículas são reduzidas a 150 nanômetros e dissolvidas em água.	44
Figura 12: Simulação da cor do ouro quando suas partículas são reduzidas a 60 nanômetros e dissolvidas em água.	45
Figura 13: Simulação da cor do ouro quando suas partículas são reduzidas a 18 nanômetros e dissolvidas em água.	45
Figura 14: Simulação da cor do ouro quando suas partículas são reduzidas a 6 nanômetros e dissolvidas em água.	45
Figura 15: Simulação da cor do ouro quando suas partículas são reduzidas a 2 nanômetros e dissolvidas em água.	46
Figura 16: Paralelepípedo de dimensões 10 u.m. x 10 u.m. x 3 u.m.	47
Figura 17: Paralelepípedo de dimensões 6 u.m. x 6 u.m. x 3 u.m.	48
Figura 18: Paralelepípedo de dimensões 4 u.m. x 4 u.m. x 3 u.m.	49
Figura 19: Cubo de dimensões 3 u.m. x 3 u.m. x 3 u.m.	50
Figura 20: Cubo de dimensões 2 u.m. x 2 u.m. x 2 u.m.	51

Figura 21: Cubo de dimensões 1 u.m. x 1 u.m. x 1 u.m.	52
Figura 22: Kit molecular usado para realizar a atividade de construção de folhas de grafeno.	53
Figura 23: Exemplo de folha de grafeno construída usando o kit molecular da figura 22.	54
Figura 24: Visão de perfil da figura 23. Evidencia o fato da folha de grafeno ter apenas um átomo de espessura.	54

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Submúltiplos do metro.....	35
Tabela 2: Análise do primeiro item do primeiro capítulo do questionário.	59
Tabela 3: Análise do segundo item do primeiro capítulo do questionário.....	60
Tabela 4: Análise do terceiro item do primeiro capítulo do questionário.	62
Tabela 5: Análise do quarto item do primeiro capítulo do questionário.	63
Tabela 6: Análise do quinto item do primeiro capítulo do questionário.	65
Tabela 7: Análise do sexto item do primeiro capítulo do questionário.....	66
Tabela 8: Análise do sétimo item do primeiro capítulo do questionário.....	68
Tabela 9: Análise do primeiro item do segundo capítulo do questionário.....	69
Tabela 10: Análise do segundo item do segundo capítulo do questionário.....	71
Tabela 11: Análise do terceiro item do segundo capítulo do questionário.....	72
Tabela 12: Análise do primeiro item do terceiro capítulo do questionário.	74
Tabela 13: Análise do segundo item do terceiro capítulo do questionário.....	75
Tabela 14: Análise do terceiro item do terceiro capítulo do questionário.	77
Tabela 15: Análise do quarto item do terceiro capítulo do questionário.	78
Tabela 16: Análise do quinto item do terceiro capítulo do questionário.	80
Tabela 17: Análise do primeiro item do quarto capítulo do questionário.	81
Tabela 18: Análise do segundo item do quarto capítulo do questionário.	83
Tabela 19: Análise do terceiro item do quarto capítulo do questionário.	85
Tabela 20: Análise do quarto item do quarto capítulo do questionário.....	86
Tabela 21: Análise do quinto item do quarto capítulo do questionário.	87

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO E JUSTIFICATIVA.....	12
2. PROBLEMA, OBJETIVO E QUESTÕES DE PESQUISA	15
3. REFERENCIAL TEÓRICO: ABORDAGEM CIÊNCIA, TECNOLOGIA E SOCIEDADE	16
4. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	20
4.1. Nanociência e Nanotecnologia.....	20
4.2. Abordagem CTS	24
5. PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS.....	27
6. DESENVOLVIMENTO DA UNIDADE	29
6.1. Abordagem CTS	29
6.2. Seleção dos conteúdos.....	30
6.2.1. Da possibilidade ao surgimento de uma nova ciência.....	31
6.2.2. As propriedades ópticas.....	31
6.2.3. Manipulação da área superficial.....	32
6.2.4. Nanotubos de carbono e grafeno	32
6.3. Abordagem de reportagens.....	33
6.3.1. Memórias eternas.....	33
6.3.2. Nanociência instiga cegos a serem cientistas	33
6.3.3. Taça de 1.600 anos que muda de cor já usava princípios de nanotecnologia.....	34
6.3.4. Novas nanopartículas absorvem petróleo das profundezas do oceano	34
6.3.5. Conheça a camisinha do futuro feita em grafeno	34
6.4. Exposição de conceitos físicos	35
6.5. Atividades Práticas.....	40
6.5.1. Simulação de microscópio de tunelamento	40

6.5.2.	Simulação com nanopartículas de ouro	43
6.5.3.	Cálculo da relação área superficial/volume usando kit ouro.....	46
6.5.4.	Construção de folhas de grafeno usando kit molecular.....	53
6.6.	Debates.....	54
6.7.	Questionário.....	55
7.	APLICAÇÃO DA UNIDADE DE ENSINO	56
8.	ANÁLISE DOS RESULTADOS	58
8.1.	Da possibilidade ao surgimento de uma nova ciência	58
8.2.	As propriedades ópticas.....	68
8.3.	Manipulação da área superficial.....	73
8.4.	Nanotubos de carbono e grafeno.....	80
9.	CONSIDERAÇÕES FINAIS	88
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	91
	APÊNDICE A — Questionários	97
	ANEXO A — Reportagens utilizadas na unidade de ensino	99

1. INTRODUÇÃO E JUSTIFICATIVA

Qualquer pessoa que estiver lendo a seção de Ciência e Tecnologia de uma revista, um jornal, ou notícias na internet, enfim, qualquer meio de comunicação, bem provavelmente vai deparar-se com alguma notícia que envolva Nanociência e Nanotecnologia (N&N). Nessas seções podemos encontrar matérias com títulos como: “Pesquisador usa nanotecnologia para desenhar bandeira do Brasil. Imagem equivale a pedaço menor que a espessura de um fio de cabelo. Técnicas ajudam a estudar como gravar dados em materiais minúsculos” (SAMPAIO, 2013), ou “Alunos da UnB usam nanotecnologia para monitorar poluição do ar. Grupo de engenharia de energia fez trabalho como conclusão de curso. Sensores poderão ser usados para detectar vazamentos em petroleiras.” (LUIZ, 2015).

Mas também podemos encontrar matérias que são menos “eufóricas” em relação à revolução que essa “nova” tecnologia pode trazer. Matérias que visam enfatizar o outro lado da moeda, ou seja, impactos que essa tecnologia pode causar, como, por exemplo: “Nanotecnologia ainda necessita de regulamentação. Tratada como revolução tecnológica, nanociência ainda enfrenta dilemas como a regulação e o escasso conhecimento sobre consequências de materiais produzidos” (CRISTALDO, 2013).

É possível perceber, ao nos depararmos com matérias sobre N&N, que a maioria delas trata essa área da ciência com uma euforia muito grande, alegando que ela será responsável por uma revolução na tecnologia atual e que através dela seremos capazes de resolver muitos dos problemas que temos hoje. Porém a maioria não considera os riscos que essa dita revolução pode trazer para a sociedade.

Diante dessa situação, algumas perguntas devem ser feitas: Será que os indivíduos da sociedade, diante desse cenário de “pré-revolução”, sabem julgar e/ou analisar as contribuições e os riscos que essa tecnologia pode trazer? Será que ao menos sabem do que se trata a nanociência e a nanotecnologia? Será que o Ensino de Ciência e Tecnologia (ECT) que temos hoje é capaz de tornar os estudantes capazes de se posicionar em relação a isso?

O prefixo *nano* vem de uma expressão grega que significa anão, o que representa bem essa área da Física (SILVA et. al., 2009). A nanociência e a nanotecnologia compõem juntas um campo da Ciência que tem como objetivo estudar, manipular e explorar a matéria em escala nanométrica. Essa escala comporta medidas que estão entre alguns ângstrons (1 metro dividido por 10 bilhões, ou 10^{-10} m) e alguns nanômetros (1 metro dividido por 1 bilhão, ou 10^{-9} m). (ZANELLA, et. al., 2009)

Diante dessas informações, uma dúvida pode surgir: Mas por que estudar coisas tão pequenas? Por que demandar esforços e recursos com isso? A resposta é simples: porque nessa escala, os materiais apresentam algumas propriedades diferentes das propriedades que encontramos na escala macroscópica (QUINA, 2004), como, por exemplo: as propriedades magnéticas (TASCA et. al., 2015), a cor, a dureza. No que se refere à cor observa-se que as nanopartículas de ouro, “conferem uma tonalidade vinho às soluções coloidais desse metal, devido às propriedades dos elétrons superficiais. Quando as nanopartículas se aglomeram, esses elétrons interagem modificando sua cor, de vermelho para azulado” (TOMA, 2005, p. 8). Já no que diz respeito à dureza, materiais que são considerados fracos na escala macroscópica podem ser altamente resistentes na escala nanométrica.

Essas propriedades específicas e a possibilidade de sua manipulação fazem com que o desenvolvimento da N&N possa contribuir para uma revolução na tecnologia atual por meio da identificação e desenvolvimento de materiais com propriedades que podem ser úteis para o emprego tecnológico (BATISTA, 2010).

Sobre o conhecimento e a capacidade de se posicionar criticamente em relação à ciência e/ou em relação a alguma tecnologia, os PCNs (Parâmetros Curriculares Nacionais), que se constituem como documentos oficiais que norteiam os ensinos médio e fundamental no Brasil, referentes às ciências da natureza, tratam-na como uma competência a ser desenvolvida no curso de Física no Ensino Médio, sendo essa capacidade um dever do indivíduo, como cidadão, em um contexto sócio-cultural (BRASIL, 2000). Porém, como afirmam Dyehouse e Diefes-Dux (2008 apud LIMA e ALMEIDA, 2012, p. 4401-2): “Pesquisas mostram que a maioria da população mundial tem pouco ou nenhum conhecimento sobre nanotecnologia, mas revelam, também, a grande preocupação atual em tornar a população conhecedora dessa tecnologia [...]”.

Os PCNs não preveem, dentro dos conteúdos específicos de Física, uma abordagem específica em N&N. O que consta no texto dos PCNs é uma referência à necessidade de se enfatizar a Física Contemporânea durante todo o curso do Ensino Médio e não apenas inserir essa Física como mais um tópico no final do curso (BRASIL, 2000).

Posicionando-me em relação a minha própria experiência e às salas para as quais leciono e lectionei, acredito que trazer a N&N como conteúdo para o ensino médio seria muito interessante e produtivo por motivos como: ser uma área atual da ciência, por ser uma área que pode trazer contribuições para a sociedade, por não exigir extensos requisitos, principalmente embasamento matemático e também por permitir discussões entre professor e alunos sobre o tema. Creio que ensinar esse tema em uma aula de Ensino Médio seja mais interessante do que aulas que abordem exclusivamente conceitos da Física Clássica.

A proposta desse trabalho será desenvolvida teoricamente baseada na tríade CTS (Ciência – Tecnologia – Sociedade), conhecida também como CTSA (Ciência – Tecnologia – Sociedade – Ambiente). Dessa forma, tenho como objetivo desenvolver uma proposta de ensino de Física baseada em uma parte mais atual dela, e também trabalho para que essa proposta de ensino faça com que os alunos participantes se tornem mais críticos em relação aos benefícios e perigos que o desenvolvimento dessa nova ciência pode trazer à sociedade.

2. PROBLEMA, OBJETIVO E QUESTÕES DE PESQUISA

Dada a necessidade de um Ensino de Física em Nível Médio mais atual e que esteja mais conectado com seu contexto sócio histórico, além da importância de uma formação de estudantes na escola básica que lhes ofereça conhecimentos e lhes desenvolva habilidades e capacidades para a ação social responsável enunciaremos o objetivo deste projeto:

Desenvolver uma unidade de ensino para mediação de conteúdos de Nanociência que sejam significativos para compreensão do papel social atual dessa área da Ciência, que incorpore noções da abordagem Ciência, Tecnologia e Sociedade e voltada para o Ensino Médio. O presente objetivo se desdobrará em resposta às questões de pesquisa enunciadas a seguir:

- *Quais conteúdos de Nanociência poderiam ser abordados no Ensino Médio de maneira que os estudantes possam compreender e avaliar de forma crítica o papel social dessa área da Ciência na atualidade?*
- *Quais noções da abordagem CTS podem/devem ser incorporadas em uma unidade de ensino para a mediação de conteúdos de Nanociência de forma a desenvolver habilidades e capacidades que permitam a ação social responsável dos estudantes do Ensino Médio?*
- *Como se dá o funcionamento de uma unidade de ensino CTS sobre conhecimentos em Nanociência para turmas do Ensino Médio, em especial ao que se refere aos elementos apontados nas questões anteriores?*

3. REFERENCIAL TEÓRICO: ABORDAGEM CIÊNCIA, TECNOLOGIA E SOCIEDADE

A tríade CTS (Ciência, Tecnologia e Sociedade), também chamada de CTSA (Ciência, Tecnologia, Tecnologia e Ambiente), é um movimento que começa a se manifestar por volta do ano de 1960, nos Estados Unidos, Europa e América Latina. Seu surgimento é impulsionado pela insatisfação de diversos setores sociais, incluindo acadêmicos da época, em relação à concepção tradicional de ciência e tecnologia que havia naquele momento, visto que essa concepção existente causava enormes problemas sociais, políticos, ambientais e econômicos (CHRISPINO et. al., 2013).

No caso norte-americano, havia especial interesse de movimentos em favor de tecnologias alternativas, ecologistas e pacifistas sobre as consequências sociais da Ciência e Tecnologia e defesa de controle social sobre essas instituições (Souza-Cruz e Zylbersztajn. 2001). No caso da Inglaterra havia especial preocupação desses movimentos no que se refere a consequências negativas do uso da ciência e tecnologia, como poluição, uso da Ciência na guerra, uso de animais em pesquisas científicas, uso de pesticidas e fertilizantes. Assim, os próprios rumos tomados pelo desenvolvimento científico e suas implicações sociais contribuíram para as críticas advindas de alguns grupos sociais. (SORPRESO, 2013)

Souza-Cruz e Zylbersztajn (2001) apontam a influência de estudos acadêmicos no surgimento do movimento e abordagem CTS, como a publicação do livro Primavera Silenciosa de Rachel Carlson e as obras de Thomas Khun e Paul Feyerabend “[...] que serviram para minar conceitos arraigados, como a segurança trazida pela existência de um método científico, a confiança em uma ciência neutra e objetiva [...]” (p124) (SOUZA-CRUZ E ZYLBERSZTAJN, 2001 APUD SORPRESO, 2013)

Mitcham (1990, apud CHRISPINO et. al. 2013, p.456) discorre sobre o surgimento dos estudos CTS:

Os estudos CTS surgem como uma reconsideração crítica do papel da ciência e da tecnologia na sociedade, tanto em relação à

visão essencialista da ciência e da tecnologia como em relação à visão interdisciplinar entre as diversas áreas do conhecimento, incentivando o questionamento das certezas tidas como absolutas sobre a ciência e a tecnologia, desvelando a sua não neutralidade, e tomando decisões mais coerentes em relação aos problemas nos quais os conhecimentos científicos e tecnológicos estejam presentes.

No Brasil, Chrispino et. al. (2013) afirmam que a abordagem CTS começa a se difundir na década de 1990, sendo a grande maioria dos textos com essa abordagem da área de Ciência e Tecnologia. Também ressaltam que por ser muito recente, tudo que se relaciona com a abordagem CTS ainda apresenta muita divergência entre seus defensores.

A importância de uma Educação CTS se dá pelo fato de estarmos imersos em uma sociedade completamente tecnológica, onde alta tecnologia está ao alcance de todos, mas, por outro lado, o ensino em Ciência e Tecnologia que é oferecido pelas escolas não é eficiente, não passando de uma exposição de conteúdos e situações fictícias. Um ensino que abarque elementos CTS, faz com que os indivíduos tenham conhecimento suficiente para tomada de decisões em relação a C&T, que sejam capazes de julgar e se posicionar em relação a isso, em outras palavras, de se tornarem críticos e não passivos em relação à C&T, visto que elas, a C&T, estão presentes e interferem diretamente na sociedade em que pertencemos (RICARDO, 2007).

Na Educação, o enfoque CTS atribui aos aspectos epistemológicos e históricos e à interdisciplinaridade da ciência um papel importante no ensino de Ciência e Tecnologia (C&T). Também há a necessidade de uma abordagem mais ampla e induzindo sempre a uma reflexão crítica em relação ao tema, como afirmam Angotti e Auth (2001), citando Borrero (1990) e Mitcham (1990). Em outras palavras, o ensino de C&T com enfoque CTS deve considerar esses aspectos para que esse ensino não seja apenas uma apresentação de conteúdos prontos e inquestionáveis e passe a estabelecer-se a partir de discussões mais amplas que mostrem a dinâmica de desenvolvimento de C&T, suas relações com aspectos sociais, políticos, ambientais e econômicos, dentre outros.

A crítica a visão de Ciência e Tecnologia neutras, originada da concepção, reforçada por cientistas, de Ciência como busca da verdade, é um dos focos da abordagem CTS (AULER, 2007; CARLETTO; PINHEIRO, 2010; LINSINGEN, I., 2007;

PINHEIRO, 2010; PINHEIRO et al, 2007; RICARDO, 2007; SANTOS, 2007; SILVA; CARVALHO, 2007; SILVEIRA; BAZZO, 2009; WATANABE-CARMELLO et al., 2010; RICARDO, 2007; SILVEIRA; BAZZO, 2009). A consideração de que Ciência e Tecnologia seriam neutras deriva a conclusão de que a Tecnologia seria apenas Ciência Aplicada e, conseqüentemente, Ciência e Tecnologia seriam motores do progresso, levando a sociedade ao estado de bem-estar. A visão de neutralidade da Ciência justifica ainda a ideia de que a tomada de decisões sociais associadas com questões Científicas e Tecnológicas deveria ser realizada exclusivamente por especialistas, justificando então um tipo de governo tecnocrático (SORPRESO, 2013).

O desenvolvimento de um currículo CTS possibilitaria a compreensão de que Ciência e Tecnologia são construções sociais e, sendo assim, incorporam valores morais, religiosos, interesses profissionais e pessoais, dentre outros (SORPRESO, 2013)

A divergência que existe entre os defensores do movimento CTS, no que diz respeito aos saberes, abordagens e sentidos, como foi citado anteriormente, é um problema encarado também pela Educação CTS (CHRISPINO et. al., 2013). Outro obstáculo que encontramos para a implementação da Educação CTS é que ela implica numa reformulação do ensino atual, fazendo-se necessária uma reorganização dos conteúdos e também das estratégias metodológicas, como ressalta Ricardo (2007).

Os objetivos da abordagem CTS podem ser sintetizados como:

“[...] transformação do ensino possibilitando uma visão crítica sobre os impactos da ciência e da tecnologia na sociedade, além da atuação ética e democrática dos estudantes [...]; diminuiria o afastamento entre o conhecimento escolar e a realidade vivida pelos estudantes [...]; englobaria a compreensão de problemáticas sociais [...]; possibilitaria que o Ensino Médio deixasse de ser apenas uma formação prévia para o nível superior e passasse a englobar uma formação para o desenvolvimento pessoal e social dos estudantes, valorizando a formação humana, ética e o exercício da cidadania [...]; o desenvolvimento de atitudes autônomas e críticas com relação às questões de interesse social; o uso de conhecimentos científicos na tomada de decisões sobre assuntos de interesse social; a formação para a cidadania; alfabetização e letramento científico e tecnológico; a compreensão do ser humano como parte integrante do meio-ambiente; rompimento com uma visão de ciência objetiva e imparcial e uma visão de mundo fragmentada; possibilitar controle social e democrático da C&T; possibilitar a compreensão das complexas relações entre ciência, tecnologia, sociedade e ambiente, facilitando a

resolução de problemas do dia-a-dia e tomada de decisões com responsabilidade social; contribuir para um ensino não fragmentado e buscar uma imagem mais humana da ciência [...]” (SORPRESO, 2013)

Em síntese, a abordagem CTS surge de movimentos sociais que pretendem maior direcionamento na Ciência e Tecnologia e maior crítica de seu papel social. Para a abordagem CTS é fundamental que sejam discutidos temas sociais e assim Ciência e Tecnologia são abordadas de forma contextualizada. Os conhecimentos Científico e Tecnológico são requisitados, dentre outros conhecimentos, para tomada de decisões fundamentadas, mas valorizando outras áreas, uma vez que admite-se que Ciência e Tecnologia não podem oferecer resposta completa e neutra para problemas sociais.

4. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Apresentamos aqui uma revisão bibliográfica realizada com o objetivo de nos aproximarmos das pesquisas que têm sido desenvolvidas sobre o ensino de Nanociência e Nanotecnologia e a Abordagem CTS. Foram revisados os artigos publicados sobre esses temas em periódicos da área de Ensino de Física, Química e de Ciências nos anos de 2005 a 2016. Os periódicos revisados foram: Revista Brasileira de Ensino de Física, Caderno Brasileiro de Ensino de Física, Ciência & Educação, Investigações em Ensino de Ciências, Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências e Química Nova na Escola.

4.1. Nanociência e Nanotecnologia

A partir da revisão bibliográfica observamos que são escassas as pesquisas voltadas para o ensino de Nanociência e Nanotecnologia. Foram encontrados apenas nove artigos nos periódicos revisados nos últimos dez anos.

Apenas um dos artigos corresponde à prática testada na formação de professores de Física que consistia na mediação e discussão de textos sobre Nanotecnologia reforçando a importância do papel da leitura (LIMA e ALMEIDA, 2012). As autoras justificam a necessidade do estudo de N&N ressaltando que o homem se tornou dependente da detenção de novos conhecimentos conforme foi desenvolvendo novas tecnologias e apontam que muitas vezes os professores da escola básica sentem-se inseguros ou despreparados para abordar esse assunto, justificando então a necessidade de sua abordagem na formação de professores. Na prática realizada foram oferecidos textos aos futuros professores com o objetivo de que esses elaborassem seminários sobre o tema de N&N abordado. Após a leitura dos textos a maioria dos graduandos afirmou que aumentou seus conhecimentos sobre o assunto, no entanto muitos deles apontaram diversos obstáculos para sua abordagem no Ensino Médio. Dos 15 alunos participantes 13 consideraram que trabalhariam N&N no Ensino Médio por meio da abordagem CTS e dois utilizariam apenas as relações entre Ciência e Tecnologia (LIMA e ALMEIDA, 2012).

Dentre os artigos revisados, três abarcam propostas de práticas testadas em sala de aula do Ensino Médio, sendo dois referentes a atividades experimentais (TASCA et. al., 2015; REBELLO et. al., 2012) e um sobre a utilização de uma prática cooperativa (LEITE et al., 2013).

Leite et al. (2013) defendem que a abordagem tradicional de ensino desestimula os alunos além de mantê-los passivos nesse processo. Os autores propõem um minicurso sobre o tema, seguido da leitura de um texto de divulgação científica, “A nanotecnologia revolucionará o nosso modo de viver”. Eles usam um método cooperativo de ensino que consiste em grupos de discussões seguido de uma discussão geral sobre o tema. Como resultado afirmam que os alunos se mostram mais engajados e demonstram-se capazes de formar opinião sobre o tema, apontando os impactos dessa evolução (LEITE et al., 2013).

Sobre as práticas experimentais, Tasca et. al. (2015) discutem a produção de nanomateriais magnéticos, explicando e descrevendo seu comportamento. Apresentam ainda uma forma alternativa, mais simples e para fins didáticos, para produção de nanopartículas magnética de óxido de ferro. Como resultados os autores observam que com o auxílio e supervisão de um profissional e obedecidas as condições de segurança é possível realizar um experimento dessa natureza com alunos de ensino médio (TASCA et. al., 2015). Ainda no que se refere às práticas experimentais testadas em sala de aula, Rebello et. al. (2012) explicam de forma sintética no que consiste a N&N e apresentam uma proposta de realização de experimento que utiliza materiais de baixo custo, além de utilização de dois vídeos, um abarcando conceitos sobre N&N e outro com simulações dos fenômenos envolvidos e invisíveis a olho nu. A proposta prevê ainda questionamentos e debate sobre os impactos do desenvolvimento dessa ciência e tecnologia na sociedade. Como resultado, verificou-se que os alunos conseguiram entender os conceitos de N&N e também que conseguiram perceber que a inserção de uma nova tecnologia na sociedade pode trazer benefícios mas também pode apresentar riscos (REBELLO et. al., 2012).

Outro conjunto de quatro artigos revisados referem-se a recursos para o professor correspondendo a sugestão de bibliografia para o Ensino Fundamental (PEREIRA et. al., 2010), discussão de temas de N&N que podem ser abordados na

escola básica (BATISTA et. al., 2010) e dois textos de divulgação sobre N&N que poderiam ser utilizados como recurso didático em sala de aula (TOMA, 2005; SILVA et. al., 2009).

Pereira et al (2010) consideram os atuais desafios do ensino das ciências da natureza: o desenvolvimento de alunos críticos e capazes de compreender os novos desenvolvimentos tecnológicos; melhoria do desempenho dos alunos no aprendizado das ciências; uma abordagem interdisciplinar e que abarque as relações entre Ciência, Tecnologia e Sociedade. Apresentam um breve estado da arte sobre a pesquisa em N&N enfatizando a necessidade de sua inclusão na escola básica. O objetivo do artigo foi apresentar um levantamento bibliográfico de trabalhos que abarcam atividades educacionais relacionadas à N&N. Observam que há um número grande de fontes no exterior, mas poucas nacionais. Dentre as fontes nacionais citam o Centro Multidisciplinar para o Desenvolvimento de Materiais Cerâmicos (CMDMC) e o curso de Ciências da Natureza da Escola de Artes, Ciências e Humanidades da Universidade de São Paulo (PEREIRA et. al., 2010).

Para Batista et al. (2010) é necessário buscar assuntos emergentes e atuais para abordagem no Ensino de Ciências, em especial N&N. Após uma rápida explicação sobre o que é N&N os autores separam as discussões sobre o assunto em quatro eixos temáticos, delimitando cada um deles: nanotecnologia e nanomateriais, que e refere a definições a respeito desses temas; nanobiotecnologia e saúde, aborda possíveis aplicações de N&N no desenvolvimento de tecnologias relacionadas à área da saúde; nanotecnologia e meio ambiente, que se refere às possibilidades de uso da N&N na solução de problemas relacionados ao meio ambiente e os inconvenientes desse uso e nanotecnologia, ética e política, que se refere à discussões relacionadas com impactos causados pela utilização de N&N nas suas várias aplicações

Os autores consideram que cada um dos tópicos deveria ser associado aos seus prós, contras, efeitos e impactos (BATISTA et. al., 2010).

Toma (2005) apresenta um artigo de divulgação da nanociência e nanotecnologia, nele explica o que é a escala nanométrica e levanta várias questões sobre o mundo nanoscópico, por exemplo, a dificuldade de sua visualização. Explica ainda: como o armazenamento de informações pode melhorar infinitamente com o desenvolvimento da nanotecnologia; o funcionamento e utilidade de máquinas

moleculares; a possibilidade de manipulação de organizações moleculares; o desenvolvimento de dispositivos moleculares avançados, como as telas de cristal líquido e o desenvolvimento de nanomateriais e suas aplicações, principalmente na área da saúde (TOMA, 2005).

Já Silva et al. (2009) apresentam um texto em forma de narrativa a qual conta a história fictícia de uma aluna do primeiro ano do Ensino Médio que se interessou muito por nanociência e nanotecnologia. Essa aluna, Rita, sente-se incomodada pelo fato de muito ouvir falar a palavra “nano” na mídia, mas em contrapartida o tema não era abordado na escola. Rita decide relembrar conceitos básicos da química para então começar seus estudos sobre o universo nano. Com as suas professoras descobre conhecimentos básicos sobre nanociência, como origem do nome e ordem de grandeza; partículas e nanopartículas; desenvolvimento; perspectivas; processos; propriedades, dentre outros. Por fim, a professora apresenta alguns impactos que podem ser ocasionados caso não se discutam questões éticas sobre o tema (SILVA et. al., 2009).

Dentre os artigos revisados e já abordados anteriormente, três deles utilizam a abordagem CTS como referencial para a prática de ensino. Dois deles servem como recurso ao professor (BATISTA et. al., 2010; PEREIRA et. al., 2010) e um deles abarca prática experimental testada em sala de aula (REBELLO et. al. 2012). Ambos os artigos discutem a importância da abordagem CTS para o ensino de Ciências, por exemplo, a importância de abordar a Ciência como conhecimento socialmente construído ao invés de considerá-lo um conjunto de verdades absolutas (REBELLO et. al., 2012; BATISTA et. al., 2010) e seus objetivos como, por exemplo, o desenvolvimento de alunos críticos e capazes de compreender os novos desenvolvimentos tecnológicos e o mundo em que vivem além de serem preparados para a tomada de decisões em assuntos que envolve Nanociência e Nanotecnologia (PEREIRA et. al., 2010; BATISTA et. al., 2010). Rebello et. al. (2012) ressaltam a necessidade de mudança na forma de atuação do professor no que se refere à prática CTS e Batista et. al. (2010) discute a relação entre o ensino de N&N e a interdisciplinaridade e afirma que apesar da abordagem CTS ser recomendada pelos Parâmetros Curriculares Nacionais, ela não é usualmente utilizada em sala de aula.

Essa revisão nos indica que há necessidade de desenvolvimento de pesquisas sobre a abordagem de N&N na escola básica, principalmente propostas que sejam testadas em sala de aula (foram encontrados apenas três artigos dentre os nove revisados) e que sejam voltadas para a área de Física (dos nove trabalhos revisados apenas dois focam-se no Ensino de Física).

4.2. Abordagem CTS

A partir da revisão bibliográfica observamos que, apesar da abordagem CTS ter sido bastante estudada pela comunidade de pesquisadores em Ensino de Ciências, foram encontrados apenas seis artigos nos periódicos revisados nos últimos dez anos.

Alguns dos artigos revisados discutem o surgimento do movimento CTS sua evolução e a criação da abordagem de ensino CTS (RICARDO, 2007; ANGOTTI e AUTH, 2001; AULER e BAZZO, 2001). Angotti e Auth (2001) explicam como as duas guerras mundiais abalaram a crença de que o domínio que o homem tinha sobre as tecnologias era exclusivamente vantajoso e discutem grandes encontros entre nações para discutir sobre os impactos ambientais que teriam sido causados pela industrialização, além de discutirem ações para minimizá-los. Auler e Bazzo (2001) discutem a mudança de visão sobre C&T durante o século XX e enfatizam que é necessário o desenvolvimento de C&T que sejam mais engajadas com a solução de problemas econômicos, políticos e sociais, o que demandaria maior participação social nas tomadas de decisão em relação a C&T. Auler e Bazzo (2001) focam-se no surgimento da abordagem no contexto brasileiro retomando o passado colonial do país e seu processo tardio de industrialização. Os autores discutem as dificuldades de implementação dessa abordagem de ensino no contexto brasileiro, sendo que uma das dificuldades seria o imobilismo da população, herança de nosso passado colonial, exacerbado pela forma como a mídia aborda questões sobre C&T, abarcando concepções acríicas e de neutralidade dessas instituições.

A não neutralidade de Ciência e Tecnologia também é discutida por alguns dos trabalhos. Barbosa e Bazzo (2013) considera que durante sua produção, C&T

incorporam interesses sociais, políticos, religiosos, bélicos, dentre outros. No entanto, a Ciência é usualmente divulgada por meios de comunicação como uma instituição neutra. Angotti et. al. (2001) discutem com base na abordagem do filósofo Langdon Winner a não neutralidade da Tecnologia, levantando questões como: “é importante saber como funcionam os objetos tecnológicos que nos rodeiam?”, “existe uma maior preocupação com fazer funcionar do que saber como funciona?”, “a falta desse tipo de conhecimento causa exclusão social e opressão?”.

Para alguns desses autores a educação é discutida como uma ferramenta político pedagógica de libertação social (ANGOTTI et al., 2001). Angotti e Auth (2001) afirmam haver uma exploração de uma minoria sobre a maioria da população e ressaltam a passividade dessa população perante esse cenário, devido a sua falta de visão crítica causada por uma política de ensino que não busca a mudança de nossa realidade social. Para Ricardo (2007) nossa sociedade é dependente dos avanços científicos e tecnológicos, mas ironicamente recebe conhecimento tecnológico e científico superficial na escola. Caramello et. al. (2010) defendem a democratização da Ciência e da Tecnologia, considerando que a sociedade tem o direito e dever de compreendê-las de forma que se tornem capazes de julgarem os impactos positivos e negativos que elas podem trazer à sociedade.

Como forma de conectar o ensino escolar com seu contexto sócio histórico são sugeridas mudanças curriculares, como é o caso da proposta de Angotti et. al. (2001) a qual não implica na criação de novas disciplinas e as sugeridas por Ricardo (2007) que aponta obstáculos encontrados para a implementação da educação CTS e encaminha alternativas para diminuir essas dificuldades.

Uma das dificuldades para implementação curricular da abordagem CTS refere-se à extrema fragmentação do ensino. Angotti e Auth (2001) descrevem uma atividade que realizaram com alunos do segundo ano do Ensino Médio e que implicava no trabalho conjunto entre professores de Física, Química e Biologia buscando minimizar a fragmentação dos conhecimentos escolares de ciências da natureza.

Dentre as possibilidades de prática de ensino CTS observamos que, como meio de promover a democratização em C&T, Caramello et. al. (2010) organizam visitas de alunos e professores ao acelerador de partículas PELLETRON, situado no Laboratório Aberto de Física Nuclear do Instituto de Física da Universidade de São Paulo. Já

Barbosa e Bazzo (2013) utilizam vídeos, documentários e ficções (“Nós que aqui estamos por vós esperamos”, “The Corporation” e “A história das coisas”) para debater as relações entre Ciência, Tecnologia e Sociedade.

5. PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

Inicialmente foram pesquisados assuntos de interesse social associados à nanociência e nanotecnologia que previam a possibilidade de tomada de decisão social.

Foi então desenvolvida uma unidade de ensino, voltada para o Ensino Médio, com conteúdos de nanociência e nanotecnologia necessários para compreensão do tema escolhido e que abarcasse as relações entre Ciência, Tecnologia e Sociedade e elementos pertinentes à abordagem de ensino CTS.

Para desenvolvimento da unidade, a partir do estudo em artigos de pesquisa e dissertações, foram delimitados quais elementos caracterizam a abordagem CTS. Concomitantemente foram pesquisados recursos (livros, filmes, reportagens, artigos, etc.) e práticas de ensino (experimentação, leitura, uso de divulgação científica, entrevista a cientistas, etc.) que abarcassem o tema escolhido sobre nanociência e nanotecnologia.

A unidade de ensino foi aplicada em uma turma do Ensino Médio e foram analisados os seus limites e possibilidades para a compreensão das relações entre Ciência, Tecnologia e Sociedade e de conteúdos de nanociência e nanotecnologia.

As atividades realizadas durante o desenvolvimento do projeto e o cronograma são relacionados a seguir:

1. Revisão bibliográfica sobre abordagem CTS;
2. Revisão bibliográfica sobre nanociência e nanotecnologia;
3. Escolha de temas de interesse social;
4. Estudo de nanociência e nanotecnologia;
5. Determinação de elementos que caracterizam a abordagem CTS;
6. Pesquisa de recursos e práticas de ensino para nanociência e nanotecnologia;
7. Planejamento da unidade de ensino;
8. Aplicação da unidade de ensino;

9. Análise dos resultados da aplicação da unidade de ensino;
10. Redação da dissertação;
11. Defesa da dissertação.

6. DESENVOLVIMENTO DA UNIDADE

O produto desenvolvido nessa pesquisa consiste em uma unidade de ensino de nanociência e nanotecnologia, como tópico de física moderna, com enfoque CTS.

O desenvolvimento da unidade de ensino de nanociência e nanotecnologia, produto educacional proposto como projeto deste trabalho, ocorreu segundo as etapas descritas a seguir.

6.1. Abordagem CTS

Em concordância com Santos e Mortimer (2002), essa unidade foi desenvolvida introduzindo cada tópico de interesse através de uma reportagem, texto gerador, que tinha alguma relação com o conteúdo que se pretendia estudar e que tratava de alguma forma alguma questão social. A partir daí foram apresentados os conceitos físicos necessários para a compreensão da reportagem e do(s) conceito(s) que estava(m) envolvido(s) nela. Ao final de cada tema foi proposta uma atividade que complementava o que havia sido trabalhado e eram propostas questões para debate. Ao final de cada debate era pedido aos alunos que respondessem um questionário, que posteriormente me permitiu analisar os resultados dessa proposta de ensino.

Foi realizada uma pesquisa em artigos e livros sobre o tema CTS para definição da estrutura da unidade didática. Concordando principalmente com Bybee (1987 apud SANTOS e MORTIMER 2002), que sugere que o desenvolvimento de um currículo CTS deve abranger, entre outros pontos: “(i) a apresentação de conhecimentos e habilidades científicos e tecnológicos em um contexto pessoal e social; (ii) a inclusão de conhecimentos e habilidades tecnológicos; (iii) a ampliação dos processos de investigação de modo a incluir a tomada de decisão e (iv) a implementação de projetos de CTS no sistema escolar”. A estrutura que seria adotada em cada capítulo foi definida de forma a abarcar cada um dos seguintes elementos:

- Reportagem (com exceção do primeiro capítulo que contém duas reportagens) relacionada a N&N que trata de um problema social;

- Desenvolvimento dos conceitos físicos necessários para compreensão da reportagem, com foco nos conceitos relacionados a N&N (teoria, vídeo ou simulação);
- Atividade prática para desenvolver um conceito chave do conteúdo;
- Debate para relacionar a(s) reportagem(ns) com o conteúdo desenvolvido e incitar discussões de interesse CTS;
- Questionário para analisar a compreensão do conteúdo e as percepções sobre CTS.

Essa estrutura foi proposta pois, seguindo esses passos, foi possível desenvolver conceitos científicos a partir de problemas sociais, problemas esses que foram discutidos nos debates, desenvolvendo nos alunos a capacidade de tomada de decisão.

6.2. Seleção dos conteúdos

Com a estrutura definida, e também com base em uma pesquisa em artigos, livros e reportagens de divulgação científica, foi feita a determinação de quais conteúdos seriam trabalhados. Durante as primeiras pesquisas foi possível encontrar uma gama imensa de conteúdos relacionados a N&N, o que trouxe a necessidade de uma seleção, para que a unidade não ficasse muito extensa, o que exigiria um tempo de aplicação muito grande. Essa seleção foi feita levando em consideração que, além de expor conceitos de nanociência e nanotecnologia aos alunos do ensino médio, esse trabalho pretende desenvolver o senso crítico do aluno em relação à tríade ciência, tecnologia e sociedade (CTS), ou ciência, tecnologia, sociedade e ambiente (CTSA) e torná-lo capaz de se posicionar em relação ao desenvolvimento científico e tecnológico.

Foi proposta então uma estrutura com foco em três temas:

- O que é a escala nanométrica, nanociência e nanotecnologia;
- Alterações nas propriedades da matéria na escala nanométrica;
- Materiais nanométricos e algumas aplicações.

Esses temas, emoldurados na estrutura proposta, foram dispostos em quatro capítulos:

6.2.1. Da possibilidade ao surgimento de uma nova ciência

Esse capítulo explica a “profecia” de Feynman sobre a possibilidade de miniaturização e o surgimento da Nanociência e Nanotecnologia. É nesse capítulo que é explicada a escala nanométrica e definida a N&N, conceitos utilizados para refletir sobre os temas: aumento da capacidade de armazenamento de informação e inclusão de deficientes visuais nas pesquisas em N&N. Este capítulo teve por objetivo que os estudantes compreendessem:

- por que o armazenamento de informação é um desafio para a sociedade e como a nanociência e a nanotecnologia podem contribuir para melhorá-lo;
- as origens da nanociência e nanotecnologia;
- as diferentes escalas de tamanho e em qual intervalo nessas escalas se situa a N&N;
- que as “visões” que temos do mundo subatômico a partir da N&N são modelos e não visões diretas desse universo;

6.2.2. As propriedades ópticas

Capítulo proposto para discutir as propriedades ópticas da matéria e as alterações perceptíveis nessas propriedades quando reduzimos alguns materiais à nanopartículas, a partir de uma reportagem sobre o Cálice de Licurgo, que expõe possíveis aplicações dessas alterações nas propriedades ópticas na medicina. Este capítulo teve por objetivo que os estudantes compreendessem:

- que a mudança na escala de tamanho não tem relação apenas com o tamanho dos objetos, mas também relações diretas com as propriedades físicas, químicas e biológicas dos mesmos.

- como as propriedades óticas alteram-se na nanoescala.
- que mesmo sem um total conhecimento da nanotecnologia, as propriedades óticas de materiais em nanoescala já vem sendo exploradas há séculos.

6.2.3. Manipulação da área superficial

Nesse capítulo é explicada a relação entre área superficial e volume, como essa relação aumenta à medida que diminuimos as dimensões da matéria e quais efeitos podem ser obtidos por causa do aumento dessa relação. Este capítulo teve por objetivo que os alunos compreendessem:

- o conceito de área superficial e qual o interesse em desenvolver a capacidade de manipular esse fenômeno;
- a relação entre área superficial e volume;
- que o desenvolvimento da capacidade de manipular a área superficial pode ajudar no combate aos problemas ambientais;

6.2.4. Nanotubos de carbono e grafeno

Capítulo que fecha a unidade de ensino, é nele que se discute duas das nanoestruturas mais tratadas em textos de divulgação científica e com enorme potencial de aplicação em várias áreas da tecnologia. Esse capítulo complementa o primeiro mostrando porque é tão importante para a Ciência e a Tecnologia conseguir manipular a matéria. Este capítulo teve por objetivo que os estudantes compreendessem:

- o que são o grafeno e nanotubos de carbono e por que suas propriedades são consideradas revolucionárias.
- como a reorganização dos átomos altera as propriedades do material.

6.3. Abordagem de reportagens

As reportagens que fazem parte da unidade de ensino foram pesquisadas em *blogs*, *sites* e jornais eletrônicos.

Foram selecionadas para comporem a unidade de ensino reportagens que: tivessem relação direta com os temas de nanociência e nanotecnologia previamente definidos, expusessem um problema social ou tratassem de um tema que tenha impactos sociais e cuja estrutura possibilitasse o debate.

Essas reportagens estão sintetizadas a seguir.

6.3.1. Memórias eternas

A primeira reportagem, “memórias eternas” (DE ASSIS, 2009), conta brevemente a história do armazenamento de informações, desde a invenção da escrita até a memória flash, utilizada nos dias de hoje, passando pelos livros, disquetes, CDs e também DVDs. Explica o grande problema enfrentado hoje na busca pelo aumento da densidade de armazenamento. Quanto maior a densidade de armazenamento de informação atingida, menor é o tempo de duração da mídia que armazena essas informações, devido à fragilidade desses recursos. Por fim, essa reportagem explica a memória eterna, uma tecnologia desenvolvida usando nanotubos de carbono com densidade de armazenamento enorme e calcula-se que seria capaz de durar praticamente um bilhão de anos sem perder informações. Seu princípio de funcionamento e possíveis aplicações também são tratados nessa reportagem.

6.3.2. Nanociência instiga cegos a serem cientistas

A segunda reportagem, “nanotecnologia instiga cegos a serem cientistas” (GLOBO.COM, 2007), explica um trabalho apresentado em uma reunião da Sociedade Americana de Química que discute a possibilidade de deficientes visuais

se tornarem pesquisadores de nanociência. Essa possibilidade é justificada pelo fato de que nem os mais avançados microscópios existentes são capazes de nos fazer enxergar partículas ou estruturas nanométricos. Como o que observamos do universo nanométrico são sempre representações, deficientes visuais poderiam fazer o mesmo, mas utilizando o tato ao invés da visão.

6.3.3. Taça de 1.600 anos que muda de cor já usava princípios de nanotecnologia

A terceira reportagem, “taça de 1.600 anos que muda de cor já usava princípios de nanotecnologia” (GLOBO.COM, 2013), fala sobre o Cálice de Licurgo, uma relíquia histórica do império romano que apresenta cores se for iluminado por dentro ou por fora. Ela explica a descoberta na década de 1990 de nanopartículas de prata e de ouro em sua composição e também o fenômeno relacionado a essas partículas que torna possível a obtenção de cores diferentes, o que justifica o seu título. A matéria também discorre sobre uma possível aplicação desse fenômeno na medicina. Devemos ter claro, no entanto, que o procedimento adotado na confecção da taça de Licurgo não se trata de nanotecnologia.

6.3.4. Novas nanopartículas absorvem petróleo das profundezas do oceano

A quarta reportagem, “novas nanopartículas absorvem petróleo das profundezas do oceano” (ECYCLE, 2019), fala sobre nanopartículas, chamadas de nano-esponjas, que foram desenvolvidas para absorver petróleo derramado nos oceanos para diminuir o impacto desse tipo de acidente no meio ambiente. O texto explica que essas nano-esponjas atuam nesse processo de despoluição dos oceanos, os testes que estão sendo realizados para analisar fatores que podem influenciar nos resultados desse procedimento e preocupações em relação aos possíveis impactos no meio ambiente.

6.3.5. Conheça a camisinha do futuro feita em grafeno

A quinta reportagem, “conheça a camisinha do futuro feita em grafeno” (ELLWANGER, 2013), explica brevemente o que é o grafeno e algumas de suas propriedades e também a ambição de unir a resistência desse material com a elasticidade do látex. A matéria também explica a ambição por trás dessa criação de que a super camisinha seja uma arma poderosa na luta contra a pobreza e a transmissão de doenças sexualmente transmissíveis.

6.4. Exposição de conceitos físicos

Como foi mencionado na descrição da estrutura da unidade, logo após a reportagem que abria cada um dos capítulos foram desenvolvidos os conceitos físicos necessários para a compreensão da matéria lida de forma a tornar o público alvo capaz de se posicionar criticamente em relação ao problema social exposto na reportagem.

No primeiro capítulo em que são explicados os conceitos mais básicos de Nanociência e Nanotecnologia, a teoria é precedida pela ideia proposta por Richard Feynman em sua palestra “There's plenty of room at the bottom”, em 1959, de que seria possível abrigar tudo que está contido na Enciclopédia Britânica na cabeça de um alfinete.

O primeiro tópico desse capítulo trata das noções de medidas e tamanhos. Nele são mostrados e explicados os submúltiplos do metro e seus respectivos símbolos, inicialmente por meio da tabela a seguir.

Tabela 1: Submúltiplos do metro.

Nome	Símbolo	Submúltiplo
Metro	m	$1m = 1m$
Decímetro	dm	$10^{-1}m = 0,1m$
Centímetro	cm	$10^{-2}m = 0,01m$
Milímetro	mm	$10^{-3}m = 0,001m$

Micrometro	μm	$10^{-6}m = 0,000\ 001m$
Nanômetro	nm	$10^{-9}m = 0,000\ 000\ 001\ m$
Angstrom	Å	$10^{-10}m = 0,000\ 000\ 000\ 1\ m$
Picometro	pm	$10^{-12}m = 0,000\ 000\ 000\ 001\ m$
Fentometro	fm	$10^{-15}m = 0,000\ 000\ 000\ 000\ 001m$
Attometro	am	$10^{-18}m = 0,000\ 000\ 000\ 000\ 000\ 001m$

Fonte: Pelo próprio autor.

Para atribuir significado a esses valores tão abstratos e também desenvolver o conceito de escala de tamanho, foram usadas as imagens da figura 1 e figura 2.

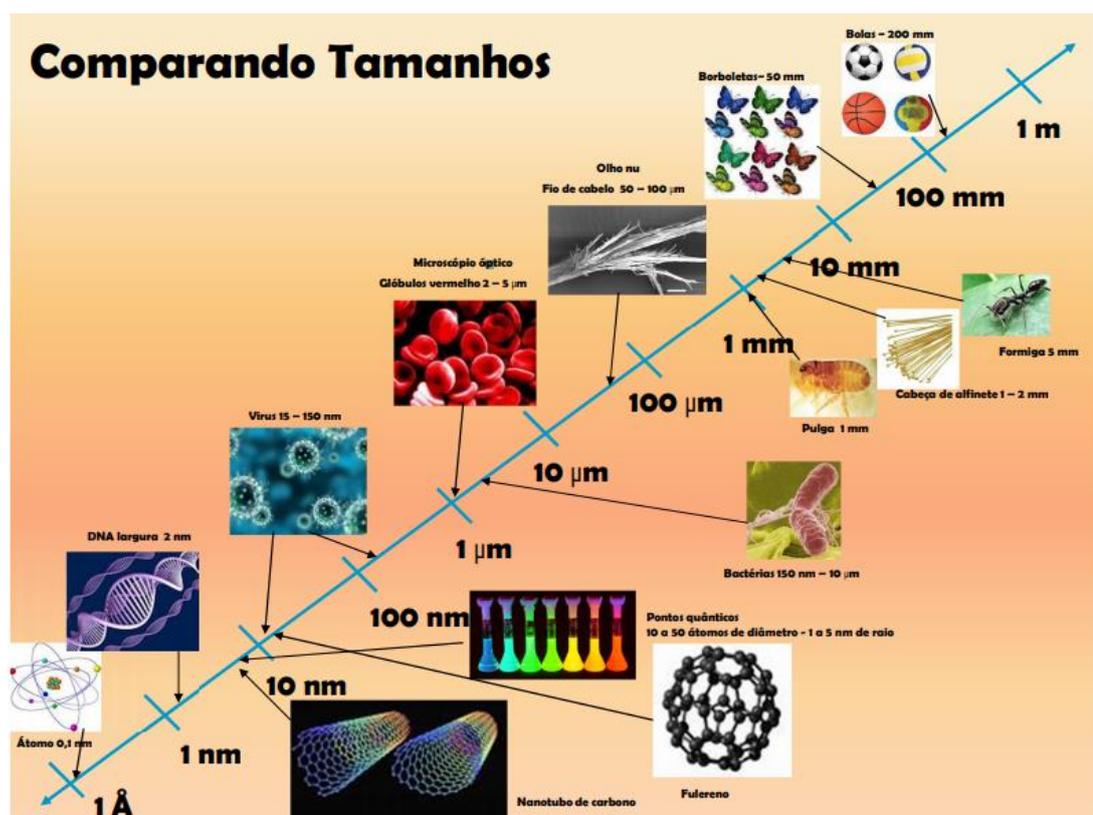


Figura 1: Comparação entre os tamanhos de diferentes coisas com dimensões menores que um metro. Fonte: Patrícia Moura Dias. Site: fundacentro (2016).

Escala nanométrica

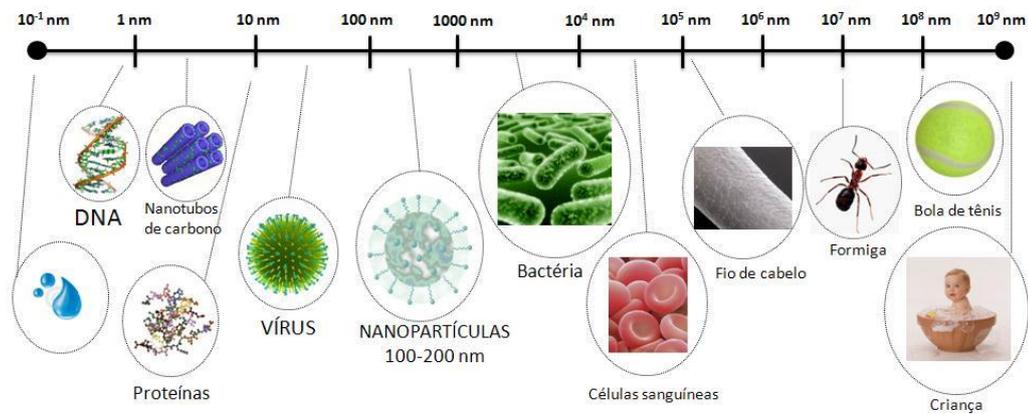


Figura: Cândice Felippi

Figura 2: Comparação entre os tamanhos de diferentes coisas em função de nanômetros.
Fonte: Amanda Jurno. Site: minasfazciencia (2016).

Após desenvolver o conceito de escalas de medidas, inicia-se o segundo tópico do primeiro capítulo que retoma a proposta de Feynman exposta no início, para explicar como o próprio Feynman justificou essa possibilidade de compilar toda a Enciclopédia Britânica na cabeça de um alfinete em sua palestra, com base no livro de DA RÓZ. et al (2015).

Para complementar a fala de Feynman, e de certa forma corroborá-lo, foram usados os vídeos descritos a seguir.

- **Veja um Átomo!**

Esse vídeo explica a origem da ideia de átomo, porque não conseguimos enxergá-lo e a origem de microscópios de tunelamento. São mencionados também a capacidade de manipular átomos individualmente, a possibilidade de mudar a estrutura dos materiais com essa técnica, exemplificando-se com o caso do grafeno, grafite e diamante. (BláBláLogia, 2019).

- **A boy and his atom: the world's smallest movie**

Esse vídeo mostra uma animação, desenvolvida pela IBM, toda produzida a partir de manipulação de átomos. (IBM, 2013).

- **Moving Atoms: Making The World's Smallest Movie**

O vídeo mostra como foi o processo de produção da animação da “menor animação do mundo”, feita com *frames* de átomos, pela IBM. (IBM, 2013)

Por fim, foram explicitadas definições sobre o que é a Nanociência e Nanotecnologia, “definição” de nanoescala e a origem do prefixo nano, com base no livro *nanoestruturas – princípios e aplicações* (DA RÓZ. et al., 2015) e no artigo *Abordagens em nanociência e nanotecnologia para o ensino médio* (ZANELLA, et. al., 2009).

O segundo capítulo teve como objetivo revisar fenômenos ópticos, com o principal objetivo de explicar as diferentes cores apresentadas pelo Cálice de Licurgo dependendo da posição da fonte de luz.

Os fenômenos de reflexão, refração e dispersão foram baseados na teoria contida no site da UNIFRA, de onde também foram retiradas as imagens usadas na explicação.

Os fenômenos de ressonância e polarização foram explicados com base na teoria contida no site educação.globo.com, de onde também foram retiradas as imagens para explicar esses conceitos.

Para fechar esse capítulo é explicado o fenômeno de ressonância de plasmões de superfície (RPS), com base no artigo “Preparação de nanopartículas de prata e ouro: um método simples para a introdução da nanociência em laboratório de ensino” (MELO, et al, 2012).

Para iniciar o desenvolvimento do conceito de relação área-superficial – volume, no terceiro capítulo, foi utilizada a imagem a seguir.

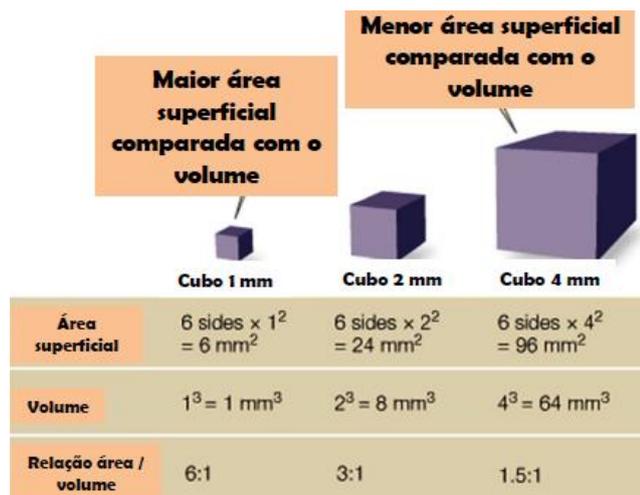


Figura 3: Demonstração do aumento da relação área superficial/volume.
 Fonte: Patrícia Moura Dias. Site: fundacentro (2016).

Por meio dessa imagem é mostrado o aumento da área superficial de determinada quantidade de matéria conforme suas dimensões diminuem, o que é completamente contra intuitivo, motivo pelo qual uma das atividades propostas nesse capítulo é justamente demonstrar isso usando material dourado. Com base na imagem anterior, e do artigo *Abordagens em nanociência e nanotecnologia para o ensino médio* (ZANELLA et al, 2009), são explicadas quais são as grandes vantagens na exploração do aumento da relação entre área superficial e volume.

Para finalizar a teoria desse capítulo, foi exibido um vídeo contido na página da UNIFRA que demonstra a diferença na velocidade de reação de uma pastilha efervescente inteira mergulhada em uma determinada solução, comparada com o mesmo experimento realizado com a pastilha triturada, o que demonstra a influência do aumento da relação entre área superficial e volume no tempo de reação do material em questão.

O quarto capítulo, que fecha a unidade, explica com base no artigo *Nanotubos e Grafeno: Os primos mais jovens na família do carbono* (PASTRANA-MARTÍNEZ et al, 2013) o que são o grafeno e os nanotubos de carbono, suas singulares propriedades e possíveis aplicações. Também é explicada a diferença exclusivamente entre o modo como estão arranjados os átomos de alguns alótropos do carbono, o que determina muitas das propriedades do material em questão.

Para trazer uma referência visual aos alunos sobre a forma desses dois materiais, foram utilizadas também as imagens das figuras 4, 5 e 6.

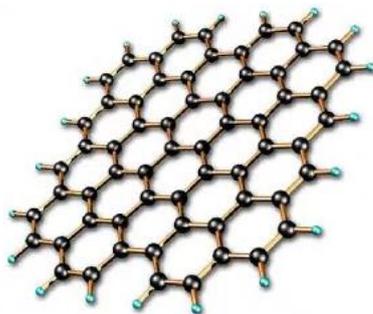


Figura 4: Representação da estrutura do grafeno.
Fonte: Petter Rafael. Blog: viamais (2010).

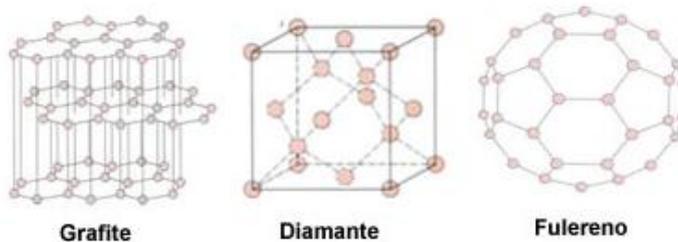


Figura 5: Forma de arranjo dos átomos de carbono no grafite, no diamante e no fulereno.
Fonte: Fábio Rendelucci Site: educacao.uol.

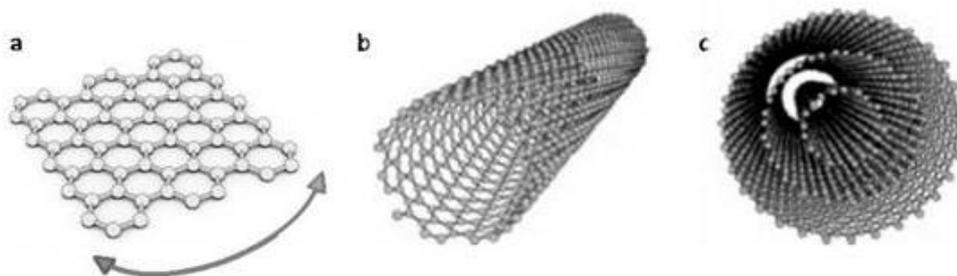


Figura 6: (a) Lençol de grafeno sendo enrolado em forma de cilindro. (b) Nanotubos de carbono de parede simples. (c) Nanotubos de carbono de paredes múltiplas.
Fonte: Machado, I. R. L., et al, apud Haddon, 2002.

6.5. Atividades Práticas

Novamente com o intuito de minimizar o nível de abstração no estudo de N&N, foram propostas atividades para facilitar e aprofundar a compreensão de conceitos importantes em cada capítulo.

6.5.1. Simulação de microscópio de varredura por sonda

Os microscópios de varredura por sonda (SPMs) são variações de um tipo de microscópio chamado de microscópio eletrônico de tunelamento (STM) (VALADARES et al. 2005). Apesar de existir mais de um SPM, o funcionamento desses aparelhos é baseado na mesma ação: interpretação, por um computador, das interações que ocorrem entre a superfície do material estudado e a ponta superfina da sonda que varre essa superfície.

Essa atividade foi proposta no primeiro capítulo. Um dos objetivos desse capítulo era fazer que os alunos compreendessem o princípio de funcionamento desses microscópios (SPMs) e, mais importante, compreendessem que as imagens que podemos ver a partir de um microscópio de força atômica é uma representação feita por computador com base nas interações de natureza elétrica que ocorrem entre a ponta superfina do microscópio que varre a superfície de um material e os átomos que o compõe.

Para realização dessa atividade foi construído um aparato em que foram utilizados papelão, isopor, cola quente e ímãs de neodímio.

Nessa atividade, o isopor foi furado de modo a formar uma imagem simples como a imagem da letra H na figura 7. Esses furos foram preenchidos pelos ímãs de neodímio com formato cúbico, que representavam os átomos na superfície de um material. Outro ímã de neodímio foi utilizado para varrer a superfície e interagir com os ímãs inseridos no isopor. Para que não fossem vistas as imagens formadas pelos ímãs, e para que os ímãs inseridos no isopor não saíssem do lugar por causa da forte interação entre eles, sobre uma das faces de cada isopor foi colada uma “tampa” de papelão, que simulava a superfície de um material.

Durante a aplicação, portanto, os alunos, divididos em grupo, recebiam um objeto desse (isopor com ímãs inseridos, formando uma imagem, e com papelão colado em uma de suas faces) sem que vissem a imagem formada pelos ímãs inseridos no isopor. Usando um ímã avulso que recebiam, varriam a superfície do isopor tampada pelo papelão e identificavam a posição de cada ímã inserido. Com base na interação entre o ímã em suas mãos e os ímãs no isopor, os alunos representavam em uma folha de papel a forma que surgia pela disposição dos ímãs.

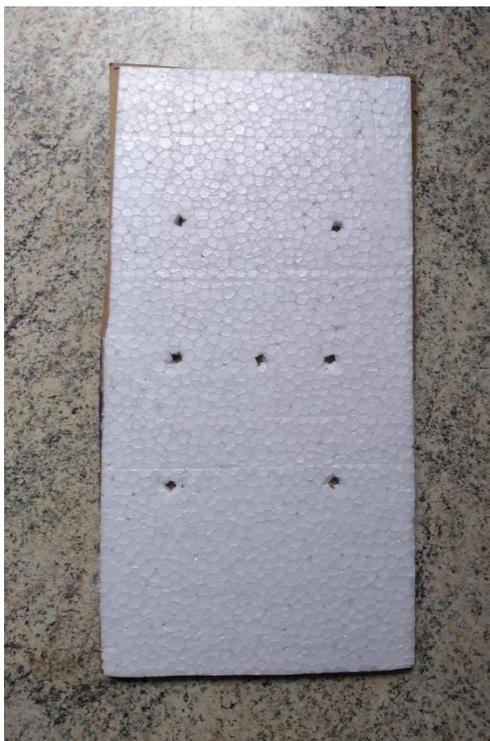


Figura 7: Aparato de isopor e papelão visto por baixo. Nesses buracos são inseridos os ímãs de neodímio com formato cúbico.
Fonte: Do autor.



Figura 8: Aparato de isopor e papelão visto por cima.
Fonte: Do autor.

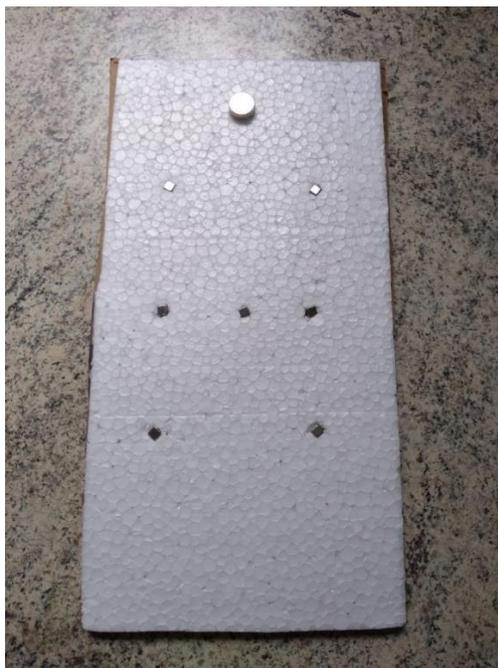


Figura 9: Aparato de isopor e papelão visto por baixo com os ímãs cúbicos posicionados e o ímã em forma de disco usado para “varrer” a superfície oposta do aparato.
Fonte: Do autor.

6.5.2. Simulação com nanopartículas de ouro

Essa atividade foi proposta no segundo capítulo da unidade. Como o capítulo trata das mudanças nas propriedades ópticas dos materiais reduzidos à nanoescala, essa atividade, usando um simulador, foi proposta para mostrar a representação das diferentes cores que partículas de ouro dissolvidas em determinadas soluções podem apresentar quando são reduzidas a diferentes dimensões nanométricas.

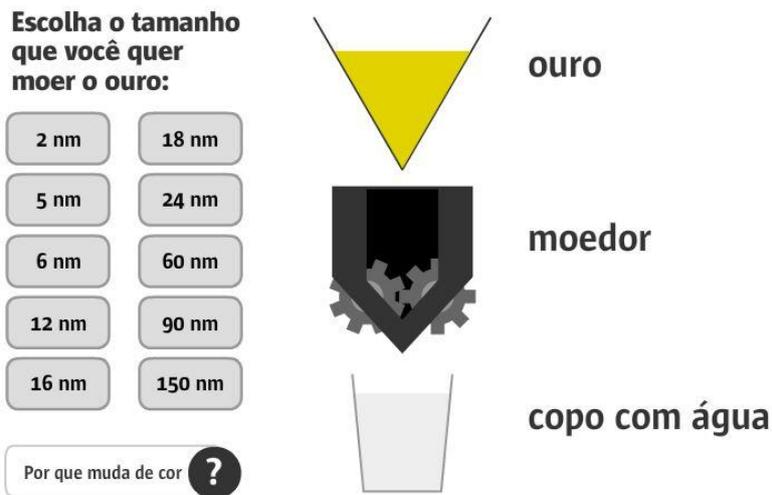


Figura 10: Interface do simulador “Mudança de cor do ouro”.
 Fonte: Site: maisunifra. (2019)

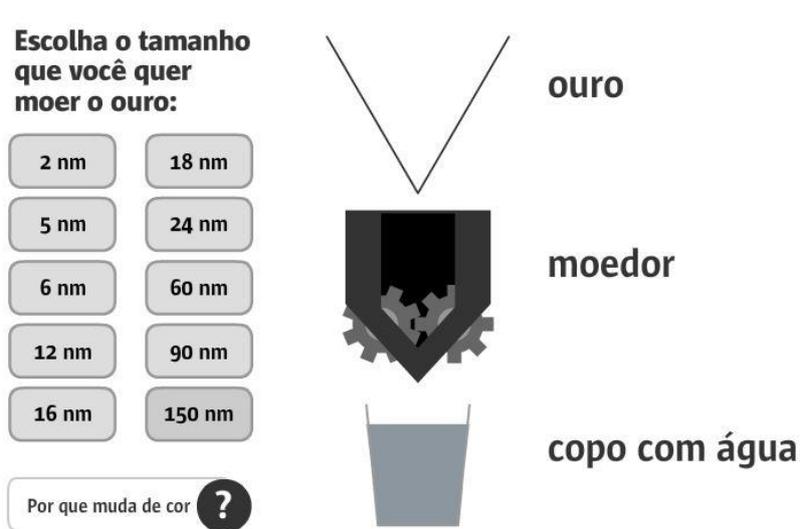


Figura 11: Simulação da cor do ouro quando suas partículas são reduzidas a 150 nanômetros e dissolvidas em água.
 Fonte: Site: maisunifra. (2019)

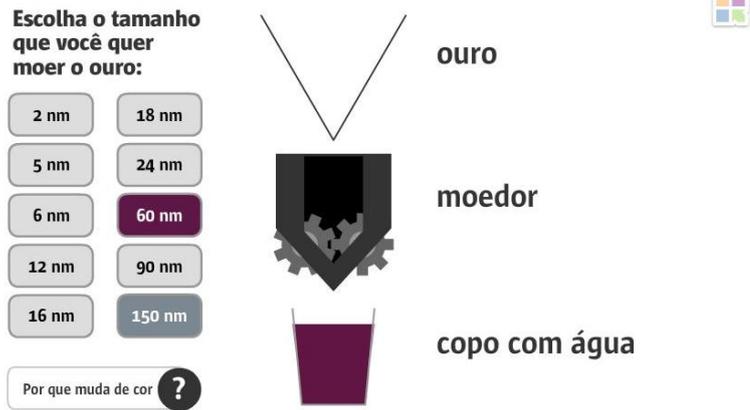


Figura 12: Simulação da cor do ouro quando suas partículas são reduzidas a 60 nanômetros e dissolvidas em água.
 Fonte: Site: maisunifra. (2019)

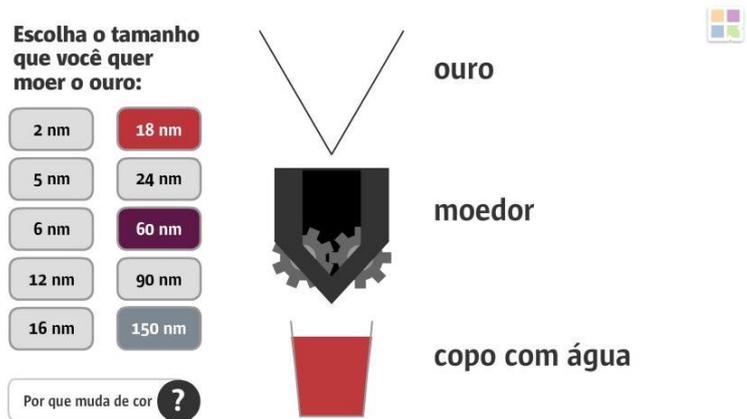


Figura 13: Simulação da cor do ouro quando suas partículas são reduzidas a 18 nanômetros e dissolvidas em água.
 Fonte: Site: maisunifra. (2019)

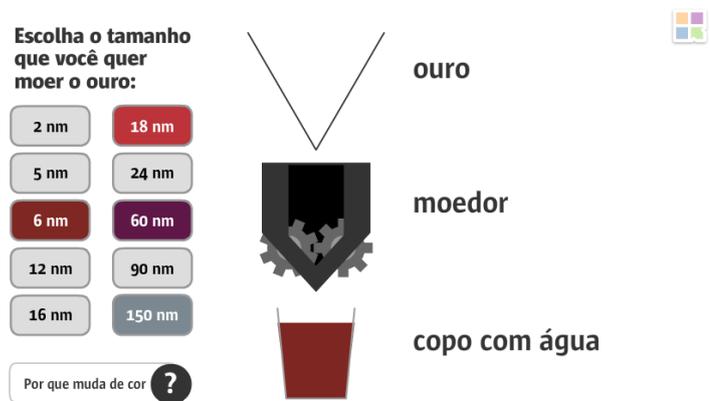


Figura 14: Simulação da cor do ouro quando suas partículas são reduzidas a 6 nanômetros e dissolvidas em água.
 Fonte: Site: maisunifra. (2019)

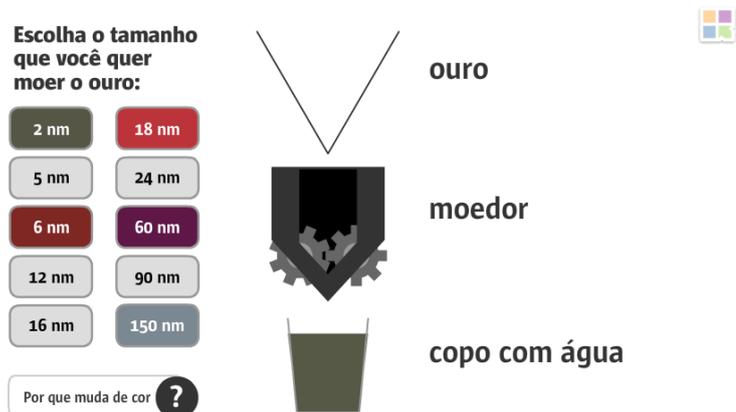


Figura 15: Simulação da cor do ouro quando suas partículas são reduzidas a 2 nanômetros e dissolvidas em água.
 Fonte: Site: maisunifra. (2019)

6.5.3. Cálculo da relação área superficial/volume usando kit ouro

Essa atividade foi proposta no terceiro capítulo, que discorre sobre a manipulação da área superficial e do aumento da relação área superficial/volume. Para essa atividade foi utilizado material dourado, material esse feito de madeira, composto por cubos unitários, e arranjados em linha de dez cubos e superfície de dez cubos de largura por dez cubos de altura. Esse material é geralmente utilizado para ensinar, em matemática nos anos iniciais, os conceitos de centena, dezena e unidade.

Utilizando esse material, os alunos construíram cubos e paralelepípedos com diferentes dimensões. Com essas formas tridimensionais construídas, foram calculados as áreas superficiais e os volumes de cada uma delas, e anotados, da forma de maior dimensão para a de menor dimensão. Feito isso, calculamos a razão entre a área superficial de cada uma das formas e o seu respectivo volume, constatando que, conforme as dimensões das formas tridimensionais diminuía, a razão área superficial/volume aumentava.

Os cálculos realizados nessa atividade estão descritos a seguir.

- Paralelepípedo de dimensões 10 u.m. x 10 u.m. x 3 u.m.¹



Figura 16: Imagem de um paralelepípedo de dimensões 10 u.m. x 10 u.m. x 3 u.m.
Fonte: Do autor.

Sendo a área superficial (A_s) de um poliedro a soma da área de todas as faces, para um paralelepípedo de dimensões 10x10x3 u.m., temos:

Área da face superior = área da face inferior = A_1

$$A_1 = 10 \cdot 10$$

$$A_1 = 100 \text{ u.m.}^2$$

Área de cada face lateral = A_2

$$A_2 = 3 \cdot 10$$

$$A_2 = 30 \text{ u.m.}^2$$

Portanto, a área superficial desse paralelepípedo será:

$$A_s = 2 \cdot A_1 + 4 \cdot A_2$$

$$A_s = 2 \cdot 100 + 4 \cdot 30$$

$$A_s = 200 + 120$$

$$A_s = 320 \text{ u.m.}^2$$

¹ U.m. = Unidade de medida.

O volume desse paralelepípedo será:

$$V = \textit{altura} . \textit{largura} . \textit{profundidade}$$

Portanto,

$$V = 3 . 10 . 10$$

$$V = 300 \textit{ u. m.}^3$$

Sendo $R_{As/V}$ a relação área superficial/volume, para esse poliedro temos:

$$R_{As/V} = \frac{A_s}{V} = \frac{320}{300} \cong 1,067$$

- **Paralelepípedo de dimensões 6 u.m. x 6 u.m. x 3 u.m.**



Figura 17: Paralelepípedo de dimensões 6 u.m. x 6 u.m. x 3 u.m.
Fonte: Do autor.

Área da face superior = área da face inferior = A_1

$$A_1 = 6 . 6$$

$$A_1 = 36 \textit{ u. m.}^2$$

Área de cada face lateral = A_2

$$A_2 = 3 . 6$$

$$A_2 = 18 \textit{ u. m.}^2$$

Portanto, a área superficial desse paralelepípedo será:

$$A_s = 2 . A_1 + 4 . A_2$$

$$A_s = 2 . 36 + 4 . 18$$

$$A_s = 72 + 72$$

$$A_s = 144 \text{ u. m.}^2$$

O volume desse paralelepípedo será:

$$V = \textit{altura} \cdot \textit{largura} \cdot \textit{profundidade}$$

Portanto,

$$V = 3 \cdot 6 \cdot 6$$

$$V = 108 \text{ u. m.}^3$$

Sendo $R_{As/V}$ a relação área superficial/volume, para esse poliedro temos:

$$R_{As/V} = \frac{A_s}{V} = \frac{144}{108} \cong 1,333$$

- **Paralelepípedo de dimensões 4 u.m. x 4 u.m. x 3 u.m.**

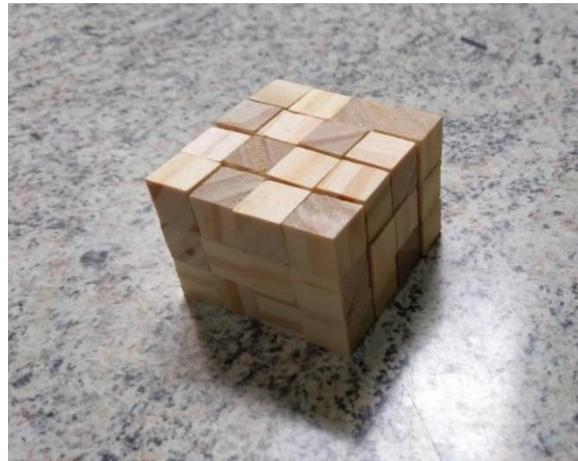


Figura 18: Paralelepípedo de dimensões 4 u.m. x 4 u.m. x 3 u.m.
Fonte: Do autor.

Área da face superior = área da face inferior = A_1

$$A_1 = 4 \cdot 4$$

$$A_1 = 16 \text{ u. m.}^2$$

Área de cada face lateral = A_2

$$A_2 = 3 \cdot 4$$

$$A_2 = 12 \text{ u. m.}^2$$

Portanto, a área superficial desse paralelepípedo será:

$$A_s = 2 \cdot A_1 + 4 \cdot A_2$$

$$A_s = 2 \cdot 16 + 4 \cdot 12$$

$$A_s = 32 + 48$$

$$A_s = 80 \text{ u.m.}^2$$

O volume desse paralelepípedo será:

$$V = \textit{altura} \cdot \textit{largura} \cdot \textit{profundidade}$$

Portanto,

$$V = 3 \cdot 4 \cdot 4$$

$$V = 48 \text{ u.m.}^3$$

Sendo $R_{As/V}$ a relação área superficial/volume, para esse poliedro temos:

$$R_{As/V} = \frac{A_s}{V} = \frac{80}{48} \cong 1,667$$

- **Cubo de dimensões 3 u.m. x 3 u.m. x 3 u.m.**

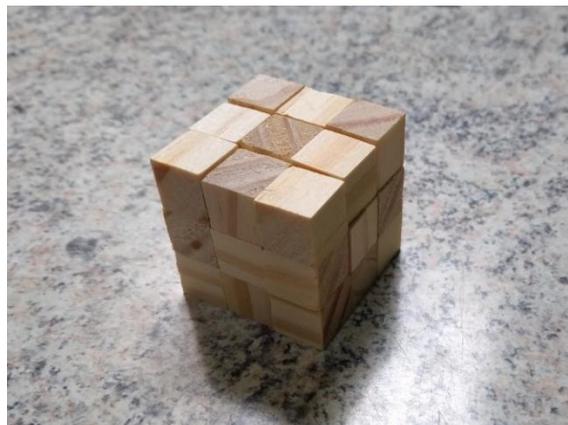


Figura 19: Cubo de dimensões 3 u.m. x 3 u.m. x 3 u.m.
Fonte: Do autor.

Como as áreas de todas as faces de um cubo são iguais, vamos chamar de A_1 a área de uma face lateral de um cubo

$$A_1 = 3 \cdot 3$$

$$A_1 = 9 \text{ u. m.}^2$$

Portanto, a área superficial desse cubo será:

$$A_s = 6 \cdot A_1$$

$$A_s = 6 \cdot 9$$

$$A_s = 63 \text{ u. m.}^2$$

O volume desse paralelepípedo será:

$$V = \text{altura} \cdot \text{largura} \cdot \text{profundidade}$$

Portanto,

$$V = 3 \cdot 3 \cdot 3$$

$$V = 27 \text{ u. m.}^3$$

Sendo $R_{As/V}$ a relação área superficial/volume, para esse poliedro temos:

$$R_{As/V} = \frac{A_s}{V} = \frac{63}{27} \cong 2,333$$

- **Cubo de dimensões 2 u.m. x 2 u.m. x 2 u.m.**



Figura 20: Cubo de dimensões 2 u.m. x 2 u.m. x 2 u.m.
Fonte: Do autor.

$$A_1 = 2 \cdot 2$$

$$A_1 = 4 \text{ u. m.}^2$$

Portanto, a área superficial desse cubo será:

$$A_s = 6 \cdot A_1$$

$$A_s = 6 \cdot 4$$

$$A_s = 24 \text{ u.m.}^2$$

O volume desse paralelepípedo será:

$$V = \textit{altura} \cdot \textit{largura} \cdot \textit{profundidade}$$

Portanto,

$$V = 2 \cdot 2 \cdot 2$$

$$V = 8 \text{ u.m.}^3$$

Sendo $R_{As/V}$ a relação área superficial/volume, para esse poliedro temos:

$$R_{As/V} = \frac{A_s}{V} = \frac{24}{8} = 3$$

- **Cubo de dimensões 1 u.m. x 1 u.m. x 1 u.m.**



Figura 21: Cubo de dimensões 1 u.m. x 1 u.m. x 1 u.m.
Fonte: Do autor.

$$A_1 = 1 \cdot 1$$

$$A_1 = 1 \text{ u.m.}^2$$

Portanto, a área superficial desse cubo será:

$$A_s = 6 \cdot A_1$$

$$A_s = 6 \cdot 1$$

$$A_s = 6 \text{ u.m.}^2$$

O volume desse paralelepípedo será:

$$V = \textit{altura} \cdot \textit{largura} \cdot \textit{profundidade}$$

Portanto,

$$V = 1 \cdot 1 \cdot 1$$

$$V = 1 \text{ u.m.}^3$$

Sendo $R_{As/V}$ a relação área superficial/volume, para esse poliedro temos:

$$R_{As/V} = \frac{A_s}{V} = \frac{6}{1} = 6$$

6.5.4. Construção de folhas de grafeno usando kit molecular

Essa atividade foi desenvolvida no quarto capítulo da unidade. Nela, os alunos utilizam um kit molecular para construir uma folha de grafeno, atentando-se as suas dimensões e sua estrutura hexagonal. As imagens abaixo ilustram essa atividade.

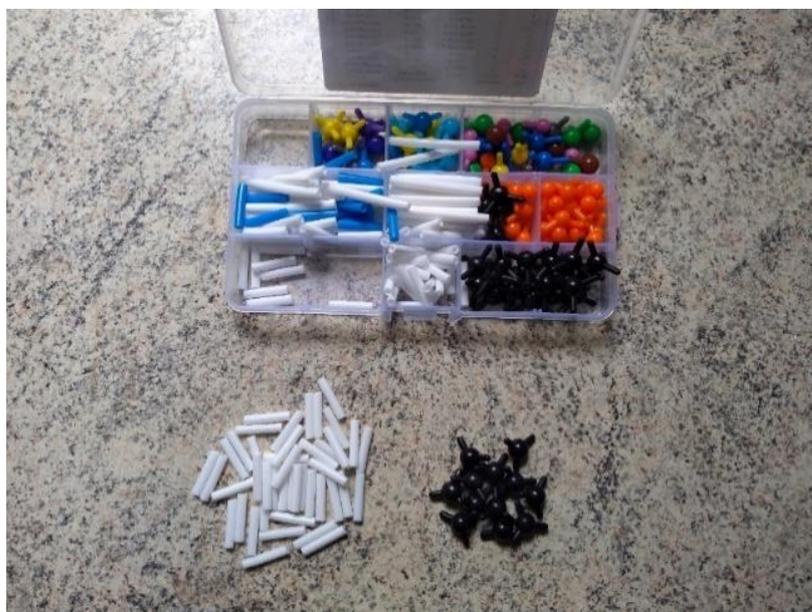


Figura 22: Kit molecular usado para realizar a atividade de construção de folhas de grafeno.
Fonte: Do autor.

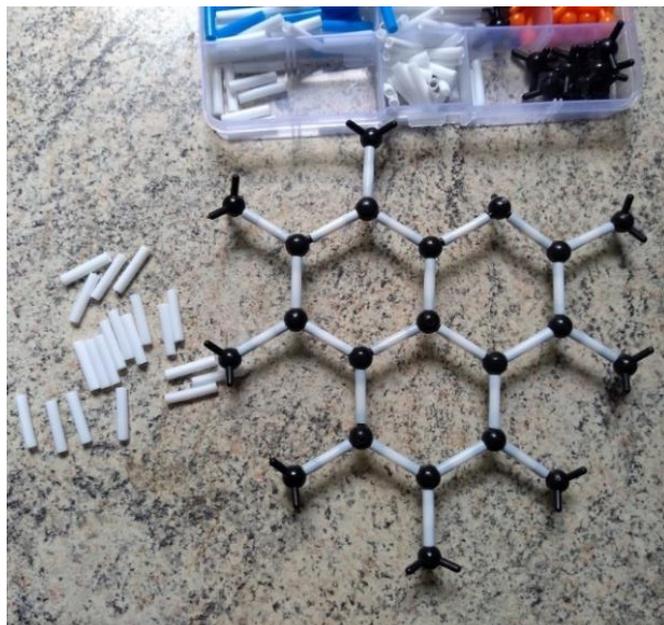


Figura 23: Exemplo de folha de grafeno construída usando o kit molecular da figura 22.
Fonte: Do autor.

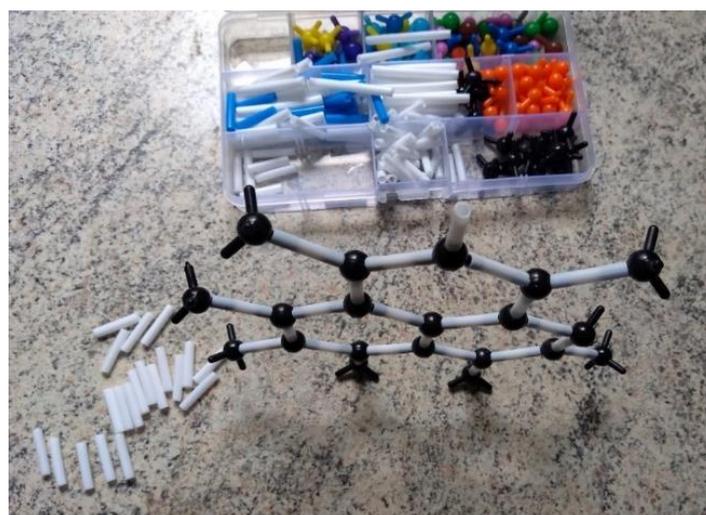


Figura 24: Visão de perfil da figura 23. Evidencia o fato da folha de grafeno ter apenas um átomo de espessura.
Fonte: Do autor.

6.6. Debates

O conjunto formado pelo desenvolvimento dos conceitos físicos e das atividades práticas tinha como objetivo fazer com que os alunos que participaram desse projeto adquirissem conhecimento científico e tecnológico para compreenderem as reportagens que abriam cada capítulo e fossem capazes de se

posicionar criticamente em relação aos problemas sociais propostos por cada uma delas, capazes de fazer julgamentos sobre os impactos que o desenvolvimento científico e tecnológico pode causar na sociedade e no meio ambiente, sejam eles impactos positivos ou negativos.

Os debates propostos nessa unidade tiveram por finalidade fazer a ligação entre o estudo dos conceitos físicos e as matérias de divulgação científica, tendo como suas principais funções e características expor aos alunos, sedentos por uma justificativa sobre o porquê de precisar estudar as disciplinas previstas nos currículos, que os conceitos apreendidos na escola são ferramentas necessárias para tornar possível a participação ativa e racional na sociedade, que todos eles são atores sociais e que podem e devem participar nas tomadas de decisão sobre aspectos da sociedade em que vivem, claro que, nesse caso, nos referindo a aspectos relacionados à ciência e a tecnologia, mostrando a interdisciplinaridade da ciência por meio da N&N, questionando sobre a neutralidade da ciência e da tecnologia, ou seja, sobre a influência, ou não influência, de fatores externos a essas duas instituições nas tomadas de decisão e no desenvolvimento de ambas, e questionando sobre a relação linear entre ciência, tecnologia, sociedade e ambiente.

6.7. Questionário

Ao término do debate, foi pedido que os alunos respondessem a um questionário. Esse questionário tinha como objetivo coletar dados sobre a compreensão dos conhecimentos acerca dos conceitos propostos e explanados na unidade e a percepção sobre aspectos considerados importantes por uma abordagem CTS.

A análise desses dados está descrita mais adiante e o questionário consta no apêndice A.

7. APLICAÇÃO DA UNIDADE DE ENSINO

A aplicação da unidade de ensino foi feita nos dias 13 e 14 de junho de 2019, na Escola Estadual José Aleixo da Silva Passos, localizada na cidade de Brodowski, São Paulo, escola onde fui professor por aproximadamente 1 ano e 4 meses, o que contribuiu na decisão de escolhê-la para a aplicação do produto desenvolvido. Outro motivo que levei em consideração na escolha do local de aplicação do meu produto foi o fato de ser uma escola estadual, o que me permitiu uma aplicação em um ambiente de educação gratuito, fornecido e subsidiado pelo Estado e que evidenciou a dificuldade que se enfrenta em propor uma forma diferente de ensino. O produto foi aplicado em uma sala do 3º ano do ensino médio regular, do período da manhã, usando um total de oito aulas de 50 (cinquenta) minutos (quatro aulas duplas), divididas em dois dias, fora do período regular de aula.

Durante a aplicação várias dificuldades foram enfrentadas. A primeira dificuldade encontrada foi com a assiduidade dos alunos. Os dias que me foram concedidos foram no fim da semana, dias em que a assiduidade é baixa. Por isso, nem todos os alunos participaram de todas as atividades propostas.

Outra grande dificuldade foi na leitura dos textos. Como foi dito no início desse tópico, os assuntos a serem discutidos eram introduzidos por meio de reportagens, cujo conteúdo tinha algum tipo de relação com o assunto em questão e também tratavam de algum problema social. Era esperado que a leitura dessas reportagens fosse feita pelos alunos, individualmente, para que depois fossem iniciadas as discussões e explanações. Porém, ficou clara a existência de uma grande falta de interesse pela leitura. Para a leitura dos textos mais curtos não houve muita dificuldade. Mas era notório o desinteresse de muitos durante a leitura dos textos mais extensos. O que mostra a necessidade de maior integração de atividades de leitura em aulas de Física e na escola de forma geral.

Assim como o desinteresse pela leitura, houve também grande desinteresse pela escrita. Como já foi dito, era necessário que os alunos respondessem um questionário ao final de cada tópico, mas a maioria demonstrou grande insatisfação por ter que responder esse questionário. Foi bastante perceptível a comodidade por parte dos alunos nos momentos do curso em que eram mais passivos, momentos em

que recebiam instrução para realizar a atividade prática ou que ouviam alguma explicação. Porém, nos momentos em que era esperado maior autonomia dos alunos, para fazer a leitura, para levantar questões para debate ou para discorrer sobre suas opiniões perante as discussões em grupo e explicações, ficava nítida a falta de interesse de muitos, ou talvez a falta de desenvolvimento dessas habilidades já que usualmente elas não são requisitadas em situações escolares.

Porém, pontos muito positivos também devem ser citados. Houve uma demonstração muito grande de interesse pelas atividades práticas, principalmente a que utilizou isopor e ímãs para simular o funcionamento de um microscópio de tunelamento. A ideia de "ciência invisível", como às vezes, vulgarmente, nos referimos à nanociência e à nanotecnologia, a discussão sobre porque não conseguimos enxergar partículas e materiais na escala nanométrica e como, mesmo assim, podemos manipular a matéria nessa escala chamou a atenção de vários alunos.

Apesar de ser uma tarefa difícil, ficou muito claro durante a aplicação desse produto educacional que quando introduzimos um conteúdo e um debate através de um tema mais próximo da realidade do aluno, pelo qual o aluno se interessa, o engajamento é muito maior. Não por acaso, o capítulo com maior participação ativa e com debates mais interessantes foi o capítulo que tratava do grafeno e do nanotubos de carbono, que foi introduzido por meio de uma reportagem cujo título era "*Conheça a camisinha do futuro feita em grafeno*", Ellwanger (2013).

Mas é preciso levar em consideração que o público alvo desse projeto cursa o último ano do ensino regular, e que em toda a sua vida escolar, nunca foram expostos a uma forma de ensino que exigisse deles uma posição mais ativa. A leitura, que é um ponto chave para essa proposta de ensino, na forma como foi elaborada, foi uma grande dificuldade pois os alunos que participaram não têm o hábito da leitura.

A ordem das atividades propostas durante a aplicação da unidade de ensino se deu conforme a tabela a seguir.

8. ANÁLISE DOS RESULTADOS²

Ao final de cada capítulo foi pedido que os alunos respondessem a um questionário, composto de questões dissertativas. Esse questionário é apresentado no apêndice A. Foi com base nas respostas obtidas nesses questionários que a análise foi desenvolvida.

8.1. Da possibilidade ao surgimento de uma nova ciência

O primeiro questionário era constituído por sete perguntas e buscava explorar a compreensão dos alunos sobre o que são a nanociência e a nanotecnologia e a escala nanométrica, como são feitas as pesquisas nessa área e também investigar como os alunos se posicionariam diante do desenvolvimento da “memória eterna” e da possibilidade de inclusão nas pesquisas em N&N.

Em resposta à questão “*A partir dos conceitos estudados nesse capítulo, por que podemos afirmar que a nanociência é uma ciência invisível?*”, dos dezenove alunos que responderam a essa pergunta, quinze disseram que podemos considerar a nanociência como uma ciência invisível pelo fato de não podermos enxergar a matéria nessa escala a olho nu ou por ser muito pequeno. Alguns mencionaram também o fato de não ser possível observar a matéria na escala nanométrica usando microscópios convencionais. Um aluno não respondeu. Os outros três apresentaram as seguintes respostas:

“Porque fazemos experimentos sem mesmo poder ver as coisas.”

“Porque ainda não conseguimos ver algumas coisas, mesmo usando aparelhos.”

² As escritas dos alunos foram preservadas sem correções.

“Porque na nanociência os olhos não servem para nada, ou seja, não precisamos deles para a compreendermos.”

Tabela 2: Análise do primeiro item do primeiro capítulo do questionário.

A partir dos conceitos estudados nesse capítulo, por que podemos afirmar que a nanociência é uma ciência invisível?	
Grupos de resposta	Quantidade
Fenômenos nessa escala não podem ser observados a olho nu.	15
Experimentos não são baseados na visão.	1
Porque ainda não conseguimos ver algumas coisas, mesmo usando aparelhos.	1
Não precisamos dos olhos para compreender a nanociência.	1
Não respondeu.	1

Fonte: Dados obtidos pelo autor.

Por ser comum e equivocada a compreensão de que a ciência se baseia nos sentidos, principalmente na visão, essas considerações dos alunos são importantes do ponto de vista da natureza da ciência, uma vez que permitem a compreensão de que a observação experimental demanda a construção de modelos abstratos.

A partir dessas respostas observamos que alguns elementos podem ou devem ser aprofundados. Por exemplo, ao afirmar que “[...] ainda não conseguimos ver algumas coisas, mesmo usando aparelhos” o aluno indica que talvez a impossibilidade da visão em nanoescala é uma dificuldade técnica, o que é incorreto do ponto de vista da ciência, já que essa impossibilidade é constitutiva da natureza da matéria.

Apesar de não poder considerar erradas as respostas, os alunos não foram capazes de apresentar maiores detalhes, por exemplo, justificativas baseadas no que foi visto durante o curso, que relacionassem o fato de não conseguirmos enxergar partículas ou materiais em nanoescala ao fato de essa escala de tamanho ser menor do que o comprimento da luz visível e que as imagens obtidas pelos microscópios de

tunelamento são representações da topografia do material. Isso pode indicar que talvez eles não tenham compreendido esses elementos.

Em resposta à questão “*E por que podemos defini-la como inclusiva?*”, sobre porque podemos definir a nanociência como inclusiva seis alunos justificaram essa possibilidade com a resposta anterior, pelo fato de ser impossível a observação a olho nu. Nove alunos alegaram que podemos definir a nanociência como inclusiva por causa da possibilidade de incluir pessoas com deficiências visuais, mas não justificaram as respostas. Quatro alunos não responderam.

Tabela 3: Análise do segundo item do primeiro capítulo do questionário.

E por que podemos defini-la como inclusiva?	
Grupos de resposta	Quantidade
Pelo fato de ser impossível a observação a olho nu.	6
Pela possibilidade de incluir pessoas com deficiência em pesquisas em nanociência e nanotecnologia.	9
Não responderam.	4

Fonte: Dados obtidos pelo autor.

Esperava-se que as respostas fossem baseadas na reportagem lida na aula, mencionando-se que mesmo pessoas com a visão normal podem ser consideradas cegas nesse ramo de pesquisa pelo fato de que, o que vemos, de fato, não é um nanomaterial em questão, mas sim uma representação dele. Essa representação pode ser feita em relevos, possibilitando a um deficiente visual tentar compreendê-la usando o tato. Portanto, as seis primeiras respostas atingiram parte da resposta esperada. Já as nove respostas seguintes não são justificadas com base em conceitos.

É importante observar que ao incluir essa reportagem não considero que deficientes visuais não possam fazer parte do empreendimento científico em outras áreas além da nanociência.

Em resposta à questão “*Você considera que o armazenamento de informação é uma necessidade da nossa sociedade? Por quê?*”, todos os alunos concordaram que o armazenamento de informação é uma necessidade social. Também foi unânime a justificativa de que precisamos armazenar as informações para as próximas gerações. Porém, sete alunos justificaram a importância de armazenar informações para as próximas gerações:

“Para não esquecermos daquilo que fizemos, seja coisas boas ou coisas ruins, como por exemplo os arquivos do holocausto, na Alemanha nazista. Se não lembrarmos do que aconteceu, podemos acabar repetindo.”

“Pois nós aprendemos através de coisas que já foram vividas e armazenar esses conhecimentos só aumentará a nossa produtividade e o nosso desenvolvimento como seres humanos pensantes”.

“Além de ajudar a sociedade, futuros cientistas terão mais facilidade em explorar suas histórias.”

“Esse armazenamento é necessário para que guardemos a história da humanidade e até o conhecimento que conseguimos até agora e que no futuro possamos continuar com as pesquisas e descobertas.”

Um aluno menciona problemas oriundos do grande fluxo de informação no qual estamos inseridos:

“Atualmente tudo gira em torno da informação, estamos recebendo informação a todo momento, de maneira que não conseguimos mais viver sem informação. Por mais informações que temos, todas são verdadeiras e isso gera problemas às pessoas expostas a elas, ou seja, quanto mais informações disponíveis, mais a quantidade de notícias falsas por aí.”

Tabela 4: Análise do terceiro item do primeiro capítulo do questionário.

Você considera que o armazenamento de informação é uma necessidade da nossa sociedade? Por quê?

Grupos de resposta	Quantidade
Sim.	19
Não.	0

Fonte: Dados obtidos pelo autor.

Podemos perceber que alguns conseguem justificar a importância do armazenamento de informação, porém, associam à informação apenas o que pode ser escrito. Não há indícios de que identifiquem imagem, áudio e vídeo como formas de informação que podem ser armazenadas também. Seria interessante se eles tivessem também se atentado para o problema da forma de armazenamento, longevidade da informação armazenada, relação entre quantidade de informação armazenada e espaço necessário e os desafios de desenvolver essas capacidades.

Em resposta à questão “*Como o desenvolvimento de um armazenamento de informação eterno pode contribuir para a nossa sociedade? E quais os riscos desse desenvolvimento?*” dezessete alunos concordam que a grande contribuição do desenvolvimento de uma forma de armazenamento eterna seria a de assegurar o acesso das gerações futuras às informações e assim permitir dar continuidade a pesquisas, garantir que continuaremos desenvolvendo nossos conhecimentos científicos, etc. Um desses alunos fez colocações um pouco mais específicas, ele menciona que uma forma de armazenamento eterno nos garantiria o registro do nosso passado, o que facilitaria o estudo do mesmo. Dois alunos não responderam a essa pergunta.

Sobre os riscos que esse tipo de armazenamento pode trazer, quatro alunos atentaram para o risco do mau uso das informações, ou o risco da informação chegar às mãos de pessoas com más intenções. Dois desses três relacionaram esse risco ao armazenamento de informações sobre o desenvolvimento bélico. Um justificou o risco pelo alto custo para o desenvolvimento dessa forma de armazenamento. Dois alunos não deixaram clara qual a ligação, mas alertaram sobre o risco do desenvolvimento

de máquinas; um deles alegou que isso implicará em menos empregos, e o outro alega que quanto mais nos desenvolvemos, “*mais coisas são substituídas por máquinas, afetando o ser humano*”. Um aluno acredita não haver nenhum risco. Onze alunos não responderam a essa pergunta.

Tabela 5: Análise do quarto item do primeiro capítulo do questionário.

Como o desenvolvimento de um armazenamento de informação eterno pode contribuir para a nossa sociedade?

Grupos de resposta	Quantidade
Assegurar o acesso das gerações futuras às informações dando continuidade à produção de conhecimento.	17
Não responderam.	2

E quais os riscos desse desenvolvimento?

Grupos de resposta	Quantidade
Mau uso das informações ou risco de a informação chegar às mãos de pessoas com más intenções.	4
Implicará em menos empregos.	1
Quanto mais nos desenvolvemos, mais coisas são substituídas por máquinas.	1
Alto custo para o desenvolvimento dessa forma de armazenamento.	1
Não há riscos.	1
Não responderam.	11

Fonte: Dados obtidos pelo autor.

Em resposta à primeira pergunta, podemos perceber, implicitamente, que para os alunos talvez a ciência seja uma construção histórica, pois salientam a necessidade de armazenarmos as informações referentes ao conhecimento científico para que cientistas das próximas gerações possam desenvolver mais conhecimento a partir de conhecimentos já adquiridos.

Em contraste com a primeira pergunta, a segunda não obteve o mesmo bom aproveitamento, visto que onze alunos não responderam. Porém, os oito alunos que responderam trouxeram ideias também muito relevantes. Apesar de pouco

embasadas as respostas, a menção ao custo de produção e, principalmente substituição, provavelmente de mão de obra, por máquinas, o que poderia ocasionar o aumento do desemprego, mostram uma absorção muito interessante das discussões feitas em sala.

Em resposta à questão *“A partir das técnicas de microscopia que vemos nos vídeos, podemos dizer que nos tornamos capazes de ver o átomo? Por quê?”* seis alunos responderam que sim, nos tornamos capazes de ver o átomo, porém, alegam que isso é possível a partir de ilustrações. Um também alegou que sim, mas com uma justificativa incompreensível. Os outros doze alunos responderam “não” para a primeira pergunta, destes, oito deram respostas muito próximas, dando a ideia de que podemos mapeá-los e criar representações através de computador. Algumas dessas respostas são apresentadas a seguir:

“Não podemos vê-los, mas podemos mapeá-los e assim podemos ter a localização dos átomos.”

“Não. Porque o alfinete³ faz o contorno e depois o computador faz o processo inteiro, fazendo a gente poder ver o formato.”

Três alunos alegaram ainda não ser possível enxergar o átomo por ele ser muito pequeno. Um aluno, apesar de não conseguir explicar o motivo, relacionou o fato de não conseguirmos enxergarmos o átomo com a luz.

³ Provavelmente uma menção à agulha dos microscópios de varredura de sonda que varre a superfície dos materiais, e, através das forças de interação elétrica, mapeia sua superfície, permitindo que um computador crie uma representação dessa superfície a partir da interação entre a agulha e os átomos.

Tabela 6: Análise do quinto item do primeiro capítulo do questionário.

A partir das técnicas de microscopia que vemos nos vídeos, podemos dizer que nos tornamos capazes de ver o átomo? Por quê?

Grupos de resposta	Quantidade
Sim, a por meio de ilustrações.	6
Sim. (Justificativa incompreensível)	1
Não. Algo próximo a: podemos mapeá-los, e criar representações através de computador.	8
Não, pois são muito pequenos.	3
Não. Justificativa não muito clara, mas relaciona o fato de não podermos ver um átomo com a luz.	1

Fonte: Dados obtidos pelo autor.

Quatorze, de dezenove alunos, deixaram claro em suas respostas que todas as formas visuais que existem do átomo são representações. A relação entre a nossa incapacidade de enxergar o átomo e a luz deve ser melhor trabalhada, uma vez que só foi estabelecida por um aluno.

Em resposta à questão “*Analisando a reportagem “memórias eternas”, você considera que algum fator externo à ciência possa influenciar nesse processo?*”, seis alunos responderam que não e apenas um deles justificou:

“Não, pois isso que estão tentando fazer é muito bom para a sociedade.”

Os outros treze alunos consideraram que que fatores externos à ciência possam influenciar no desenvolvimento das memórias eternas. Dentre esses treze, dez acreditam que o governo, ou órgãos governamentais estão envolvidos nesse processo, cinco deles relacionando o governo à liberação de verbas para pesquisa e a necessidade de investimento. Exemplos:

“Sim, o governo, eles podem barrar ou cortar as verbas.”

“Sim. Por exemplo: uma pesquisa precisa de materiais, tempo, espaço e investimento (verba), e isso vem de fatores externos a ciência, como por exemplo o nosso governo (política).”

Os outros 3 que responderam “sim” não justificaram suas respostas.

Tabela 7: Análise do sexto item do primeiro capítulo do questionário.

Analisando a reportagem “memórias eternas”, você considera que algum fator externo à ciência possa influenciar nesse processo?

Grupos de resposta	Quantidade
Não.	5
Não, pois isso que estão tentando fazer é muito bom para a sociedade.	1
Sim.	3
Sim, associaram a influência ao governo.	10

Fonte: Dados obtidos pelo autor.

Apesar de seis alunos não acreditarem haver outro fator além da ciência envolvido no desenvolvimento das “memórias eternas”, mais da metade dos alunos dizem acreditar haver, citando, exclusivamente o governo, o que mostra que essa parcela significativa dos alunos conseguir perceber que não há neutralidade no desenvolvimento científico, existem fatores externos à ela que exercem influência. Essa percepção deles poderia ter sido mais desenvolvida, se percebessem influências de outros tipos de fatores.

Em resposta à pergunta “O que é nanociência e nanotecnologia?”, nove alunos tenderam a uma definição próxima da “*ciência que estuda a escala nanométrica*”. Três dessas respostas se diferenciaram um pouco:

“É a ciência que estuda e desenvolve tecnologias a partir de materiais nanométricos.”

“Nanociência: é a ciência que mexe com aquilo que não conseguimos enxergar a olho nu.”

“Nanotecnologia: é a tecnologia que trabalha com a medição nanométrica.”

Outros cinco alunos, apesar de misturarem o que foi discutido sobre inclusão de deficientes visuais com as discussões sobre N&N, relacionaram a nanociência e a nanotecnologia à capacidade de manipulação da matéria:

“Nanociência é o que instiga o cego a virar cientista.”

“Nanotecnologia é uma ciência que se dedica ao estudo da manipulação da matéria em uma escala atômica e molecular, lidando com estruturas entre 1 e 1000 nanômetros.”

“Estudo da manipulação da matéria, ou seja, os átomos.”

Um dos alunos, apesar de não ter respondido propriamente à questão, mencionou que *“está relacionada a diversas áreas do conhecimento humano, entre elas a física”*.

Os outros quatro alunos não responderam, ou responderam de forma incompreensível.

Tabela 8: Análise do sétimo item do primeiro capítulo do questionário.

O que é nanociência e nanotecnologia?	
Grupos de resposta	Quantidade
Ciência que estuda a escala nanométrica.	9
Relacionaram a nanociência e a nanotecnologia à capacidade de manipulação da matéria.	5
Está relacionada a diversas áreas do conhecimento humano, entre elas a física.	1
Não responderam ou responderam de forma incompreensível.	4

Fonte: Dados obtidos pelo autor.

Podemos concluir que treze alunos obtiveram uma compreensão mais simples sobre o que é nanociência e nanotecnologia. Outros cinco alunos, que citaram a capacidade de manipulação da matéria, apesar de pouco embasadas as respostas, mostram uma compreensão mais elaborada, apontando uma das ações possíveis através dessa ciência. E a percepção do último aluno, sobre a interdisciplinaridade da nanociência e nanotecnologia é muito positivo, apesar de não ter dado uma definição sobre o que é ou como atua a N&N.

8.2. As propriedades ópticas

O questionário do segundo capítulo da unidade era composto por três questões e pretendia explorar a compreensão dos alunos sobre as alterações nas propriedades ópticas de nanopartículas responsáveis pelos diferentes efeitos visuais no Cálice de Licurgo e investigar a opinião deles sobre a relação entre o conhecimento que os criadores do cálice tinham sobre os fenômenos ópticos percebidos nesse artefato e o conhecimento que temos.

Em resposta à questão “*As alterações nas propriedades ópticas que vimos no Cálice de Licurgo acontecem com qualquer nanomaterial?*”, todos os dezenove alunos responderam “não”. Cinco alunos justificaram suas respostas afirmando que

alterações nas propriedades ópticas deveriam ocorrer em metais, conforme observamos nos exemplos a seguir:

“Não, pois esse processo acontece especificamente em metais, devido a organização de elétrons.”

“Não em todos, mas sim materiais metálicos.”

“Na verdade, não em qualquer material, entendi que ocorre mais nos metais.”

Quatro alunos tentaram justificar suas respostas, mas suas justificativas só induzem a ideia de que as alterações nas propriedades ópticas em nanopartículas não ocorrem em qualquer material. Os outros dez alunos não justificaram suas respostas.

Tabela 9: Análise do primeiro item do segundo capítulo do questionário.

As alterações nas propriedades ópticas que vimos no Cálice de Licurgo acontecem com qualquer nanomaterial?

Grupos de resposta	Quantidade
Não, essa alteração nas propriedades deve ocorrer em metais.	5
Não, não ocorrem com qualquer material	4
Não.	10

Fonte: Dados obtidos pelo autor.

Os resultados adquiridos por meio dessa questão, apesar de mais da metade dos alunos não terem justificado, podem ser considerados positivos, visto que todos alegam que essas alterações nas propriedades ópticas não ocorrem em qualquer material. O melhor resultado seria que conseguissem relacionar a alteração nas propriedades ópticas com o fenômeno da ressonância de plasmons de superfície (RPS), porém, considerando que por causa do alto grau de abstração necessário para explicar de forma completa esse efeito, e também da enorme quantidade de pré-

requisitos necessários para, a abordagem usada na unidade foi muito superficial, o que dificulta uma assimilação maior por parte do alunos.

Em resposta à questão *“As características diferentes que são apresentadas pelo cálice se devem apenas ao tamanho das partículas de ouro e de prata que as compõe? Justifique.”*, as respostas estão bem divididas entre “sim” e “não”. Dez alunos responderam que as características diferentes do cálice de Licurgo não se devem apenas ao tamanho das partículas em sua composição. Porém, nota-se uma certa dificuldade para justificar esse ponto de vista. Três alunos justificaram suas respostas alegando que esse efeito tem a ver com alterações nas propriedades, conforme observamos suas respostas:

“Não, a alteração acontece nas propriedades ópticas do material”

“Não, porque as propriedades mudam.”

Dois alunos justificaram afirmando que os efeitos ópticos diferentes apresentados pelo cálice estão relacionados com o material utilizado. Um aluno propôs que as características do material se alteravam com a cor. Os outros quatro alunos que responderam “não” não justificaram suas respostas.

Nove alunos responderam “sim” para essa questão. Porém, é possível perceber que as justificativas são bastante desconexas, não havendo praticamente nenhuma ligação entre elas, o que pode indicar uma falta de interesse e interação pelas discussões que houveram sobre o assunto. Um aluno, apesar de responder “sim” para a primeira pergunta, justificou mencionando as alterações nas propriedades ópticas. Um justificou dizendo que *“reduzindo a matéria do ouro e da prata por nanopartículas as cores mudam”*. Um justificou dizendo que *“a prata e o ouro são os materiais mais nobres, então os elétrons agem de forma diferente”*. Dois justificaram mencionando o ouro e a prata, mas não ficou clara qual é a relação. Os outros quatro que responderam “sim” não justificaram suas respostas

Tabela 10: Análise do segundo item do segundo capítulo do questionário.

As características diferentes que são apresentadas pelo cálice se devem apenas ao tamanho das partículas de ouro e de prata que as compõe? Justifique.

Grupos de resposta	Quantidade
Não. Esse efeito tem a ver com alterações nas propriedades do material.	3
Não. Esse feito está relacionado com o material utilizado.	2
Não. As características do material se alteram com a cor.	1
Não.	4
Sim. (justificativa com menção às propriedades ópticas).	1
Sim. Reduzindo a matéria do ouro e da prata por nanopartículas as cores mudam.	1
Sim. A prata e o ouro são os materiais mais nobres, então os elétrons agem de forma diferente.	1
Sim. (Menção a prata e ao ouro, mas sem deixar claro qual a intenção).	2
Sim.	4

Fonte: Dados obtidos pelo autor.

Perceber que efeitos como as mudanças de cor no cálice de Licurgo estão relacionadas com o tamanho das partículas utilizadas, significando também alterações nas propriedades dos materiais em nanoescala.

Em resposta à questão “*Você acredita, a partir do que vimos nesse capítulo, que a ciência se desenvolve sem qualquer influência histórica?*”, dos dezenove alunos presentes, cinco responderam “sim”, mas sem justificar seus pontos de vista. Os outros quatorze alunos responderam “não”. Seis justificaram suas respostas por meio da ideia de que os conhecimentos são acumulados e descobertas e estudos feitos no passado servem de base para novas pesquisas, novas descobertas e a aquisição de novos conhecimentos. Destacam-se três respostas:

“Não, pois o que já está descoberto serve como base para a evolução.”

“Não, porque o que já foi descoberto serve para fazer comparações e para ter uma base das coisas, utilizando-as para deixar a ciência mais evoluída.”

“Não, pois a história é estudada para que a ciência seja desenvolvida. Elas precisam caminhar juntas, o conhecimento histórico e as novas experiências, como a tecnologia, que os romanos aprenderam a utilizar para fazer arte e é utilizada, hoje em dia, principalmente na área da saúde.”

Um justificou sua resposta, porém não foi possível compreender a ideia que ele quis explicitar. Sete não justificaram suas respostas.

Tabela 11: Análise do terceiro item do segundo capítulo do questionário.

Você acredita, a partir do que vimos nesse capítulo, que a ciência se desenvolve sem qualquer influência histórica?

Grupos de resposta	Quantidade
Sim.	5
Não. Os conhecimentos são acumulados e descobertas e estudos feitos no passado servem de base para novas pesquisas, novas descobertas e a aquisição de novos conhecimentos.	6
Não. (justificativa incompreensível).	1
Não.	7

Fonte: Dados obtidos pelo autor.

Apesar de oito alunos não terem justificado seus pontos de vista, é bastante significativo que quatorze, dentre dezenove alunos percebiam que técnicas e conhecimentos, desenvolvidos e adquiridos ao longo de toda a nossa história são completamente decisivos em nossa capacidade de descobrir e desenvolver mais conhecimento.

8.3. Manipulação da área superficial

Esse tópico, assim como o próximo, e último, foi desenvolvido no segundo dia de aplicação do projeto. Nessa ocasião, quinze alunos estiveram presentes e responderam ao questionário proposto, constituído de seis questões.

Em resposta à questão *“Como a grande relação superfície-volume das nanopartículas contribui para a despoluição do fundo do mar como propõe a reportagem?”*, que apesar de ser mais uma interpretação da reportagem, do que uma avaliação do conteúdo trabalhado, as respostas obtidas mostraram que existem outras dificuldades no ensino da física além do elevado grau de abstração, sobre tudo em tópicos de física moderna, como é o caso do tema deste trabalho. As respostas obtidas mostram a dificuldade encontrada pelos alunos em responder uma questão cuja resposta estava explícita no texto. Um aluno respondeu que as nanopartículas são usadas para *“não deixar o petróleo vazar”*. os outros quatorze alunos responderam com uma ideia parecida de que nanomateriais seriam usados para sugar o petróleo e retirá-lo do mar. Quatro respostas se destacam:

“Devido a área das nanopartículas serem maiores, permitindo uma maior absorção do petróleo.”

“Usando as nanopartículas para retirar o petróleo restante do mar.”

“Com as nanopartículas sugam o óleo no mar, com um ímã, as nanopartículas de volta.”

“Pegar pequenos tubos e transformar em esponjas para que absorvam o óleo no fundo do mar.”

Outra resposta que se destaca, apesar de trocar “mar” por “rio”, menciona o risco existente nesse processo:

“As nanopartículas elas seriam para usar para tirar todo petróleo dos rios, e os riscos “seria” não conseguir tirar as nanopartículas, por serem feitas de ferro poderia prejudicar a natureza.”

Outras respostas demonstram talvez dificuldade, ou falta de interesse, na leitura e interpretação do texto:

“As nanopartículas elas servem para não deixar o petróleo vazar.”
“Eles queriam criar nanotubos para tirar os resíduos do mar.”

Tabela 12: Análise do primeiro item do terceiro capítulo do questionário.

Como a grande relação superfície-volume das nanopartículas contribui para a despoluição do fundo do mar como propõe a reportagem?

Grupos de resposta	Quantidade
Não deixar o petróleo vazar.	1
Respostas próximas a: Nanomateriais seriam usados para sugar o petróleo e retirá-lo do mar.	14

Fonte: Dados obtidos pelo autor.

Era esperado como resposta o fato de que, com o aumento da relação superfície-volume, também aumentam a quantidade de petróleo absorvido por unidade de volume (das partículas). O aumento da relação superfície-volume foi o maior desafio na aplicação da unidade. A dificuldade apresentada pelos alunos para compreender o que significa a razão entre essas duas entidades matemáticas foi muito grande. Mas é necessário também mencionar que o manuseio do material dourado chamou bastante a atenção dos alunos, porém, a explanação prévia e posterior já não obteve o mesmo êxito. Houve pouco interesse por parte dos alunos, o que também pode ter influenciado na falta de compreensão sobre a relação superfície-volume.

Em resposta à questão “A reportagem lida no começo do capítulo propõe uma despoluição do fundo do mar, porém, a forma como essa despoluição foi proposta pode oferecer algum risco ao meio ambiente? Quais?”, todos os alunos responderam “sim”. Cinco alunos alertam para a forma de uso das nanopartículas que, caso não sejam utilizadas da forma correta, podem agravar o problema da poluição dos mares. Dois alunos alertam para a possibilidade de ingestão desses materiais pelos animais e os riscos que isso pode trazer. Outras três respostas são apresentadas a seguir:

“Sim, quando você envia esses nanotubos, você limpa a água, porém, suja com nanopartículas de ferro.”

“Sim, o vazamento de petróleo nos mares.”

“Sim, vazamento de petróleo.”

Os outros cinco alunos responderam apenas “sim”.

Tabela 13: Análise do segundo item do terceiro capítulo do questionário.

A reportagem lida no começo do capítulo propõe uma despoluição do fundo do mar, porém, a forma como essa despoluição foi proposta pode oferecer algum risco ao meio ambiente? Quais?

Grupos de resposta	Quantidade
Sim. Alertam para a forma de uso das nanopartículas que, caso não sejam utilizadas da forma correta, podem agravar o problema da poluição dos mares.	5
Sim. Alertam para o risco de ingestão desses materiais pelos animais, e os riscos que isso pode trazer.	2
Sim, quando você envia esses nanotubos, você limpa a água, porém, suja com nanopartículas de ferro.	1
Sim, o vazamento de petróleo nos mares.	1
Sim, vazamento de petróleo.	1
Sim.	5

Fonte: Dados obtidos pelo autor.

A percepção de todos os alunos presentes de que existem riscos na utilização desse procedimento é muito positiva, um objetivo alcançado pela proposta desse trabalho. Saber identificar quais são esses riscos seria um enorme diferencial. Porém, pode-se afirmar que apenas sete alunos conseguiram expressar, evidenciado na próxima questão, quais seriam esses riscos: os que citaram a possibilidade de agravar a poluição e os que alertaram o risco de ingestão das nanopartículas pelos animais marinhos. Considerando que somam quase metade dos alunos presentes, os resultados obtidos com essa questão foram satisfatórios.

Em resposta à questão *“Podemos afirmar que o desenvolvimento da nanociência e da nanotecnologia é neutro? Em outras palavras, elas se desenvolvem apenas por uma influência mútua entre elas? Justifique sua resposta.”* cinco alunos responderam “sim” ou “provavelmente sim”, mas não justificaram suas respostas. Seis responderam “sim”, porém suas justificativas dão a entender que existem fatores externos à ciência e a tecnologia que influenciam em seu desenvolvimento, como nos exemplos:

“Provavelmente sim, pois existem outras áreas da ciência em que se pode fazer uso da nanotecnologia, o tratamento do câncer, por exemplo.”

“Sim, sim, pois como ela traz prejuízos e benefícios, precisaria de uma grande discussão”.

“Sim, ela não se desenvolve sozinha, pois a maioria das vezes o ser humano só procura “melhora” quando é afetado.”

Essas respostas expostas têm uma importância muito grande para a perspectiva CTS, pois mostram a percepção da interdisciplinaridade da nanociência e da nanotecnologia, a visão de que ela não seria uma garantia de bem-estar, o que torna necessária a discussão sobre essa ciência e de que a necessidade do homem influencia no seu desenvolvimento.

Os outros quatro responderam “não”, porém suas justificativas são de difícil compreensão. Suas respostas são transcritas a seguir:

“Não, ele tem influência sim.”

“Não, porque as duas coisas fazem o mesmo estudo, mais pode depender da pessoa que estiver estudando.”

Tabela 14: Análise do terceiro item do terceiro capítulo do questionário.

Podemos afirmar que o desenvolvimento da nanociência e da nanotecnologia é neutro? Em outras palavras, elas se desenvolvem apenas por uma influência mútua entre elas mesmas?

Grupos de resposta	Quantidade
Sim. Porém com justificativas que dão a entender que existem fatores externos à ciência e a tecnologia que influenciam em seu desenvolvimento.	6
Sim ou provavelmente sim.	5
Não, sem justificativa ou com justificativa de difícil compreensão.	4

Fonte: Dados obtidos pelo autor.

Onze alunos acreditam haver influência externa à ciência nesse processo. Em um cenário ideal, poderiam ter citado quais fatores são esses, como a presença de investidores para financiar as pesquisas, por exemplo. Mas o desenvolvimento da percepção de não neutralidade da ciência e da tecnologia já é um resultado positivo.

Em resposta à questão *“É compreensível estarmos influenciados a pensar que a Ciência desenvolve Tecnologia, e essa Tecnologia é usufruída pela Sociedade. Em outras palavras, tendemos a pensar que essas três entidades se relacionam exclusivamente dessa forma. Você concorda com essa visão?”*, cinco alunos responderam “sim”, mas não justificaram suas respostas. Um Respondeu “sim” e justificou da seguinte forma:

“Sim, porque através da tecnologia podemos obter um avanço na sociedade, pode facilitar muitas coisas que hoje podem ser consideradas difíceis, como substituir atendentes de mercado por robôs.”

Seis alunos responderam “não” ou “na maioria das vezes não”, mas também não justificaram suas respostas. Dois alunos não responderam “sim” ou “não”, mas responderam da mesma forma dizendo que:

“Geralmente a sociedade necessita da tecnologia para desenvolver certas coisas. “

Um aluno também não respondeu “sim” ou “não”, mas respondeu de forma diferente da resposta anterior:

“Em partes, ciência desenvolve tecnologia, e não necessariamente ela será usada em benefício social.”

Tabela 15: Análise do quarto item do terceiro capítulo do questionário.

É compreensível estarmos influenciados a pensar que a Ciência desenvolve Tecnologia, e essa Tecnologia é usufruída pela Sociedade. Em outras palavras, tendemos a pensar que essas três entidades se relacionam exclusivamente dessa forma. Você concorda com essa visão?

Grupos de resposta	Quantidade
Sim.	5
Sim, porque através da tecnologia podemos obter um avanço na sociedade, pode facilitar muitas coisas que hoje podem ser consideradas difíceis, como substituir atendentes de mercado por robôs.	1
Geralmente a sociedade necessita da tecnologia para desenvolver certas coisas.	2
Não ou na maioria das vezes não.	6
Em partes, ciência desenvolve tecnologia, e não necessariamente ela será usada em benefício social.	1

Fonte: Dados obtidos pelo autor.

Essa questão é de grande relevância por levantar a discussão sobre a relação linear entre Ciência, Tecnologia e Sociedade. Porém é possível notar que apenas sete alunos discordam evidentemente desse pensamento linear, e apenas um justificou.

A linearidade da relação entre CTS é algo que está realmente enraizado em nossa sociedade e mudar essa visão é um trabalho bastante difícil. Essa discussão teria de ser tomada mais vezes durante o ensino básico para tornar possível uma visão mais ampla em relação a como CTS podem se relacionar de formas muito distintas, além da linear.

Em resposta à questão *“Na sua opinião, o desenvolvimento das nano-esponjas foi impulsionado por algo além da Ciência?”*, dois alunos responderam “não” sem justificar os seus pontos de vista. Um aluno respondeu “não”, mas justificou sua resposta:

“Não, porque somente a ciência pode nos trazer benefícios e avanços na sociedade.”

Todos os outros treze alunos responderam “sim” para essa pergunta. Desses treze, cinco não justificaram suas respostas. Quatro alunos justificaram suas respostas pela necessidade de despoluir os oceanos. Os outros três alunos responderam de forma diferente entre si:

“Sim, pois o governo precisa apoiar a ajudar com verbas.”

“Sim, a necessidade de ajudar o meio ambiente.”

“Sim, a questão ambiental, e desastres ecológicos, além do governo, a despoluição de mares.”

Tabela 16: Análise do quinto item do terceiro capítulo do questionário.

Na sua opinião, o desenvolvimento das nano-esponjas foi impulsionado por algo além da Ciência?

Grupos de resposta	Quantidade
Não.	2
Não, porque somente a ciência pode nos trazer benefícios e avanços na sociedade.	1
Sim.	5
Sim. A necessidade de despoluir os oceanos.	4
Sim, pois o governo precisa apoiar “a” ajudar com verbas.	1
Sim, a necessidade de ajudar o meio ambiente.	1
Sim, a questão ambiental, e desastres ecológicos, além do governo, a despoluição de mares.	1

Fonte: Dados obtidos pelo autor.

O fato de apenas três alunos não acreditarem que existe influência de fatores externos à ciência é um dado muito positivo. As respostas mostradas para essa pergunta mostram que, apesar de não responderem contra a linearidade da relação entre Ciência, Tecnologia e Sociedade, eles percebem que existe desenvolvimento tecnológico a partir de uma necessidade social, e a partir daí podemos afirmar que nem sempre a tecnologia é desenvolvida e oferecida à sociedade, as vezes a tecnologia é desenvolvida a partir de uma necessidade social. Em contraste, um aluno respondeu de uma forma que é completamente contra a proposta da unidade, alegando que só a tecnologia pode trazer benefícios e avanços para a sociedade, visão de que desenvolvimento tecnológico é garantia de bem-estar social.

8.4. Nanotubos de carbono e grafeno

Esse último questionário era composto por cinco questões e visava investigar sobre a percepção dos alunos de que a forma como os átomos de um material estão

arranjados determinam as propriedades desse material, nos referindo aos nanotubos de carbono e o grafeno. Também pretendia-se com esse questionário investigar sobre a opinião dos alunos sobre os interesses por trás do desenvolvimento desses materiais, sobre os possíveis riscos que esse desenvolvimento pode trazer à sociedade etc.

Em resposta à questão *“Já que o grafite presente nos lápis que usamos são compostos pelo mesmo elemento químico que o grafeno e os nanotubos que estudamos, o carbono, o que explicaria suas propriedades tão diferentes?”*, todos os quinze alunos presentes deram como justificativa para a diferença entre o grafite, o grafeno e os nanotubos de carbono, apesar de terem a mesma composição, a estrutura desses materiais ou a forma como estão arranjados. Entre as respostas, destacam-se:

“O que há de diferente entre eles é a estrutura molecular de cada um e isso os torna mais ou menos resistentes”.

“A estrutura do material, o grafeno é uma estrutura como uma folha com um átomo de espessura.”

Tabela 17: Análise do primeiro item do quarto capítulo do questionário.

Já que o grafite presente nos lápis que usamos são compostos pelo mesmo elemento químico que o grafeno e os nanotubos que estudamos, o carbono, o que explicaria suas propriedades tão diferentes?

Grupos de resposta	Quantidade
deram como justificativa para a diferença entre o grafite, o grafeno e os nanotubos de carbono, apesar de terem a mesma composição, a estrutura desses materiais ou a forma como estão arranjados.	15

Fonte: Dados obtidos pelo autor.

O resultado esperado para essa questão foi completamente alcançado. Era necessário que ficasse claro para os alunos que a forma como os átomos estão arranjados é determinante para as propriedades apresentadas pelos materiais. Isso é

de extrema importância pois é uma porta para a percepção da importância da capacidade de manipulação de materiais, átomo por átomo.

Em resposta à questão *“A partir dos textos que analisamos, você acredita que o interesse no desenvolvimento dessas tecnologias é exclusivamente de cientistas e da sociedade, pelo benefício que podem nos trazer? Em caso de uma resposta negativa, que outro tipo de instituição você acredita estar interessada nesse desenvolvimento?”*, quatro alunos responderam “sim” e não discorreram sobre. Outros três responderam “sim”, porém, pelas justificativas, deram a entender que não acreditam que cientistas e a sociedade são os únicos interessados no desenvolvimento do grafeno e dos nanotubos de carbono. Dois justificaram da mesma forma:

“Sim, grandes empresas e algumas outras empresas porque se interessam pela margem de lucro.”

“Sim, a população geral ou grandes empresas pode” querer buscar uma tecnologia mais avançada para um bom desempenho.”

Os outros oito alunos responderam “não”. Um respondeu que outro interessado no desenvolvimento desses recursos seria *“o próprio governo”*. Um justificou dizendo que além do governo, existe o interesse da sociedade e de empresários. Quatro alunos justificaram dizendo que os outros interessados são os *“empresários e grandes empresas”*. Os outros dois também relacionaram esse interesse à empresários, porém atentaram-se à participação dos mesmos nesse processo:

“Não, os empresários também possuem grandes interesses, aliás, eles mesmos investem nessas pesquisas junto com suas empresas.”

“Não, caso seja uma tecnologia que funcione e tenha valor comercial, empresas e investidores podem aparecer.”

Tabela 18: Análise do segundo item do quarto capítulo do questionário.

A partir dos textos que analisamos, você acredita que o interesse no desenvolvimento dessas tecnologias é exclusivamente de cientistas e da sociedade, pelo benefício que podem nos trazer? Em caso de uma resposta negativa, que outro tipo de instituição você acredita estar interessada nesse desenvolvimento?

Grupos de resposta	Quantidade
Sim.	4
Sim, grandes empresas e algumas outras empresas porque se interessam pela margem de lucro.	2
Sim, a população geral ou grandes empresas “pode” querer buscar uma tecnologia mais avançada para um bom desempenho.	1
Não. O próprio governo.	1
Não. Além do governo, existe o interesse da sociedade e de empresários.	1
Não. Empresários e grandes empresas.	4
Não, os empresários também possuem grandes interesses, aliás, eles mesmos investem nessas pesquisas junto com suas empresas.	1
Não, caso seja uma tecnologia que funcione e tenha valor comercial	1

Fonte: Dados obtidos pelo autor.

Um dos objetivos aqui era que os alunos que participaram desse projeto conseguissem perceber que o desenvolvimento científico e tecnológico não está isento de interesses. O que foi atingido, uma vez que apresentaram a percepção de que grandes corporações, o próprio governo etc podem ter seus interesses vinculados a esse desenvolvimento.

Em resposta à questão “*Você acredita que o desenvolvimento desses produtos traria exclusivamente bem-estar para a sociedade?*”, cinco alunos responderam “sim”. Dois não justificaram suas respostas. Dentre os outros três, dois concordam que produtos como o grafeno e os nanotubos de carbono “*são fabricados para trazer*

prazer e satisfação à sociedade". O outro tem um posicionamento menos coerente com a proposta do trabalho:

"Sim, podemos usar robôs com inteligência artificial."

Oito alunos responderam "não". Desses, quatro não justificaram suas respostas. Entre os outros quatro justificaram como mostrado a seguir:

"Não, também traria uma certa ajuda em alguns fatores no meio ambiente."

"Não, porque tudo tem o seu lado ruim."

"Não, pois tudo tem um lado ao contrário."

"Não, tudo tem um consequência."

Os últimos dois não responderam nem "sim" e nem "não", propuseram o meio termo, porém, suas justificativas dão a entender que não acredita que a única consequência do desenvolvimento desses produtos seja o bem-estar social:

"Sim e não, porque ele não traria somente benefícios."

"Não necessariamente, resolveria alguns problemas. Mas o preço do produto poderia não ser acessível a todos."

Tabela 19: Análise do terceiro item do quarto capítulo do questionário.

Você acredita que o desenvolvimento desses produtos traria exclusivamente bem-estar para a sociedade?

Grupos de resposta	Quantidade
Sim.	2
Sim. produtos como o grafeno e os nanotubos de carbono são fabricados para trazer prazer e satisfação à sociedade.	2
Sim, podemos usar robôs com inteligência artificial.	1
Não.	4
Não, também traria uma certa ajuda em alguns fatores no meio ambiente.	1
Não, porque tudo tem o seu “lado ruim”.	1
Não, pois tudo tem um lado ao contrário.	1
Não, tudo tem uma consequência.	1
Sim e não, porque ele não traria somente benefícios.	1
Não necessariamente, resolveria alguns problemas. Mas o preço do produto poderia não ser acessível a todos.	1

Fonte: Dados obtidos pelo autor.

Apesar dos alunos demonstrarem compreender que desenvolvimento tecnológico não é garantia de bem-estar social, muitos deles não justificaram suas respostas ou apresentaram justificativas sem embasamento.

Em resposta à questão “Caso a resposta à pergunta anterior seja negativa, quais riscos o desenvolvimento desses produtos pode nos trazer?”, cinco alunos não responderam a essa questão por terem dado uma resposta positiva na questão anterior. Dentre os dez que responderam, dois se referem a riscos que podemos enfrentar mas não enumera quais são, apenas mencionam que não podemos vê-los, provavelmente referindo-se à escala de tamanho das nanoestruturas. Quatro alunos acreditam que teríamos problemas com “*poluição e falta de privacidade*”. Dois alunos alertaram para riscos relacionados à saúde, podendo até mesmo ocasionar mortes. Mas também apontam a falta de emprego como um problema que pode vir com o

desenvolvimento tecnológico. Um alerta apenas para riscos referentes a saúde. E o último, de novo um pouco futurista, alerta para o risco de “*uma guerra de robôs*”.

Tabela 20: Análise do quarto item do quarto capítulo do questionário.

Caso a resposta à pergunta anterior seja negativa, quais riscos o desenvolvimento desses produtos pode nos trazer?

Grupos de resposta	Quantidade
Não responderam a essa questão por terem dado uma resposta positiva na questão anterior.	5
Se referem à riscos que podemos enfrentar mais não enumera quais são, apenas mencionam que podemos não os ver, provavelmente referindo-se à escala de tamanho das nanoestruturas.	2
Acreditam que teríamos problemas com poluição e falta de privacidade.	4
Alertaram para riscos relacionados à saúde, podendo até mesmo ocasionar mortes, mas também apontam a falta de emprego como um problema que pode vir com o desenvolvimento tecnológico.	2
Alerta apenas para riscos referentes a saúde.	1
Risco de uma guerra de robôs.	1

Fonte: Dados obtidos pelo autor.

Podemos considerar bastante satisfatórias as respostas dadas à essa pergunta. É um resultado positivo que os dez alunos que responderam tenham exemplificado com problemas reais que podemos enfrentar, como a poluição e problemas de saúde em caso de uso irresponsável das tecnologias, assim como a visão de que a utilização de tecnologias relacionadas à nanociência e à nanotecnologia, de uma forma não regulamentada, pode trazer problemas sociais gravíssimos como o desemprego e a falta de privacidade.

Em resposta à questão “*Você acredita que no caso de produtos desenvolvidos a partir desses materiais, grafeno, nanotubos de carbono, ou outras nanoestruturas, chegarem no mercado, todos teriam acesso a eles?*”, quatro alunos responderam “sim”, mas não justificaram seus pontos de vista. Dentre os outros onze, dois

responderam “não”, mas também não justificaram suas respostas. Nove alunos alegam que talvez esses produtos cheguem no mercado com preço muito alto, o que dificultaria o acesso pela maioria dos cidadãos. Exemplos:

“Não todos, porque seriam produtos caros, e somente aqueles de alta classe poderão adquiri-los.”

“Não, por conta do preço que não pode ser acessível a todos.”

“Não, pessoas sem condições não teriam dinheiro suficiente por causa do preço e o quão desenvolvida a pessoa é.”

“Não porque todas as coisas novas que são lançadas são caras.”

Tabela 21: Análise do quinto item do quarto capítulo do questionário.

Você acredita que no caso de produtos desenvolvidos a partir desses materiais, grafeno, nanotubos de carbono, ou outras nanoestruturas, chegarem no mercado, todos teriam acesso a eles?

Grupos de resposta	Quantidade
Sim.	4
Não.	2
Talvez esses produtos cheguem no mercado com preço muito alto, o que dificultaria o acesso pela maioria dos cidadãos.	9

Fonte: Dados obtidos pelo autor.

Constatar que dos quinze alunos presentes nessa etapa do trabalho, onze não acreditam que exista uma democratização do acesso às novas tecnologias também é bastante positivo para o trabalho, pois evidencia uma percepção por parte dos alunos de que o acesso às tecnologias depende do poder aquisitivo do indivíduo, em outras palavras, as tecnologias desenvolvidas para uma utilização social geralmente só são acessíveis por uma parcela pequena da sociedade.

9. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Esse trabalho mostra que propor o ensino de nanociência e nanotecnologia para o ensino médio, não é apenas possível, mas também necessário, visto que estas áreas prometem fazer uma nova revolução tecnológica (ZANELLA et al, 2009).

É claro que é perfeitamente compreensível a dificuldade de desenvolver uma proposta como essa. Essa dificuldade ficou mais do que evidente durante o desenvolvimento da unidade de ensino. O alto nível de abstração envolvidos na compreensão de fenômenos nanométricos, a imensa quantidade de temas e fenômenos que são estudados por essa ciência, a necessidade de refletir e decidir sobre quais desses temas e fenômenos são possíveis de serem trabalhados com alunos do ensino básico, haja vista que muitos conteúdos de N&N exige profundos conhecimentos físicos, matemáticos, químicos etc, para serem perfeitamente compreendidos e, sobretudo, fazer com que o aluno, usando a compreensão sobre os temas e fenômenos propostos, consiga refletir sobre os possíveis impactos da N&N na sociedade em que vivem, agentes presentes em seu desenvolvimento, a ética nesse desenvolvimento e no uso das tecnologias etc, são algumas dessas dificuldades.

A julgar pelos resultados obtidos, e em resposta a minha primeira questão de pesquisa, estou convencido de que os temas propostos nessa unidade de ensino, definição e introdução a conceitos básicos de N&N, fenômenos ópticos, relação área superficial x volume e estudo das nanoestruturas, nesse caso o grafeno e os nanotubos de carbono, são perfeitamente possíveis de serem abordados com uma turma de ensino médio. Uma abordagem que utilize a compreensão desses temas para avaliar criticamente o papel social da N&N na nossa sociedade, não só é possível, como traz sentido para o ensino, pois mostra ao aluno porque que ele precisa aprender sobre ciências da natureza na escola, que ele é um ator social que deve estar ativamente presente na sociedade em que está inserido, que ele precisa ter conhecimento sobre temas de interesse social, pois mostra que ele não é só mais um indivíduo e porque ele precisa ir à escola, pergunta essa que eu ouvia com muita frequência enquanto lecionava para eles.

Outros temas relacionados a nanociência e nanotecnologia também seriam possíveis de compor a unidade, como as propriedades magnéticas, por exemplo, que foi cogitada de ser abordada na unidade, mas, por causa do tempo disponível para a aplicação da unidade foi descartado logo em seguida. Outros temas, além das propriedades magnéticas também poderiam compor qualquer proposta de ensino de N&N para o ensino médio, com a condição de que utilizem uma linguagem que faça parte do ensino regular.

Preocupei-me, na aplicação da unidade de ensino, em desenvolver os conhecimentos propostos sobre N&N e com esses conhecimentos expor e debater as complexas relações existentes ciência, tecnologia e sociedade, como proposto por Dos Santos e Mortimer (2002). Como descrito no desenvolvimento da unidade, isso foi feito por meio de leitura de reportagens de divulgação científica que falavam sobre N&N e com debates, que partiam de conceitos desenvolvidos sobre o tema tratado na reportagem para refletir sobre aspectos CTS, presentes ou não nas reportagens, tais como a forma com que Ciência, Tecnologia, Sociedade e Ambiente se relacionam, a neutralidade ou não neutralidade ética da Ciência e da Tecnologia, a interdisciplinaridade dos conhecimentos científicos e tecnológicos, participação de atores sociais em tomadas de decisão em relação à Ciência e a Tecnologia, existência ou não existência de interesses por traz do desenvolvimento científico e tecnológico e a participação ou não participação de outros atores nas decisões e desenvolvimento científico e tecnológico além de cientistas. Acredito que os resultados desse trabalho mostram ser perfeitamente possível incorporar esses aspectos da abordagem CTS na mediação de uma proposta de ensino de N&N, respondendo à segunda questão de pesquisa proposta.

Em um primeiro momento houve certo estranhamento por parte dos alunos por perceberem que eles deveriam ser parte ativa nesses debates. Mas no decorrer da aplicação eles foram ficando cada vez mais à vontade para expor suas ideias e refletiam sobre elas sempre que ouviam uma contraposição, o que foi um ponto muito positivo, tanto para o desenvolvimento de suas compreensões sobre os temas propostos, como para sua capacidade de refletir sobre problemas complexos, serem capazes de argumentar em um debate sobre questões éticas e, principalmente, de perceberem como que a Ciência e a Tecnologia estão ligadas à Sociedade de forma indissociável.

Como resposta a terceira e última questão de pesquisa, acredito que a unidade de ensino desenvolvida nesse trabalho não é a única forma de desenvolver conhecimentos sobre nanociência e nanotecnologia usando uma abordagem CTS, mas é uma forma possível de ser utilizada e capaz de atingir resultados de interesse da sociedade. Os aspectos CTS devem ser o ponto de partida para o desenvolvimento dos conhecimentos desejados e os debates devem ser sempre parte da proposta. Essa abordagem de um conhecimento científico e tecnológico juntamente com aspectos CTS enriquece a compreensão de ambos, sendo muito mais eficaz do que a abordagem desses dois conhecimentos de forma separada.

Por fim, estou convencido de que foi possível elaborar com esse trabalho uma proposta de ensino que foi capaz de desenvolver nos alunos participantes, ou apenas mostrar, em alguns casos, não apenas conhecimento científico, mas também consciência da importância do desenvolvimento desses conhecimentos por eles enquanto cidadãos e agentes ativos da sociedade em que vivem.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

A BOY And His Atom: The World's Smallest Movie. Realização de IBM. Nova Iorque: **IBM**, 2013. Son., color. Disponível em: <<https://www.youtube.com/watch?v=oSCX78-8-q0>>. Acesso em: 19 jan. 2019.

ANGOTTI, J. A. P.; AUTH, M. A. Ciência e tecnologia: Implicações sociais e o papel da educação. **Ciência & Educação**, Bauru, v.7, n.1, p.15-27, 2001.

ANGOTTI, J. A. P.; BASTOS, F. P.; MION, R. A. Educação em física: discutindo ciência, tecnologia e sociedade. **Ciência & Educação**, Bauru, v.7, n.2, p. 183-197, 2001.

AULER, D. Enfoque Ciência-Tecnologia-Sociedade: pressupostos para o contexto brasileiro. **Ciência & Ensino**, Campinas, v1, n especial, 2007.

AULER, D.; BAZZO, W. A. Reflexões para a implementação do movimento CTS no contexto educacional brasileiro. **Ciência & Educação**, Bauru, v. 7, n. 1, p. 1-13, 2001.

BARBOSA, L. C. A.; BAZZO, W. A. O uso de documentários para o debate ciência – tecnologia – sociedade (CTS) em sala de aula. **Revista Ensaio**, Belo Horizonte, v.15, n. 03, p. 149-161, 2013.

BATISTA, R. S. et al. Nanociência e nanotecnologia como temáticas para discussão de ciência, tecnologia, sociedade e ambiente. **Ciência & Educação**, v. 16, n. 2, p. 479-490, 2010.

BRASIL. Secretaria de Educação Média e Tecnológica. Parâmetros Curriculares Nacionais: Ensino Médio. **Parte III – Ciências da Natureza, Matemática e suas Tecnologias**. Brasília: MEC/SEMT. 2000.

CARMELLO, G. W. et al. Articulação centro de pesquisa e escola básica: contribuições para a alfabetização científica e tecnológica. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, São Paulo, v. 32, n. 3, p. 1-9, 2010.

CARLETO, M. R.; PINHEIRO, N. A. M. Subsídios para uma prática pedagógica transformadora: contribuições do enfoque CTS. **Investigações em Ensino de Ciências**, Porto Alegre, v15, n3, p507-525, 2010.

CHRISPINO, A. et al. A área CTS no Brasil vista como rede social: onde aprendemos? **Ciência & Educação**, Bauru, v. 19, n. 2, p. 455-479, 2013.

CONCEITOS básico relacionados à nanociência. **Maisunifra**. Disponível em: <<http://maisunifra.com.br/conteudo/conceitos-basicos-relacionados-a-nanociencia/#6>>. Acesso em: 6 jan. 2019.

CRISTALDO, H. Nanotecnologia ainda necessita de regulamentação. **Exame**, 2013. Disponível em: <<https://exame.abril.com.br/ciencia/nanotecnologia-ainda-necessita-de-regulamentacao/>>. Acesso em: 12 fev. 2017.

DA RÓZ, A. L. et al. **Nanoestruturas: princípios e aplicações**. Rio de Janeiro: Elsevier, 2015.

DE ASSIS, P. Memórias eternas. **Tecmundo**, 24 ago. 2009. Disponível em: <<https://www.tecmundo.com.br/nanotecnologia/2638-memorias-eternas.htm>>. Acesso em: 2 fev. 2019.

DIAS, P. M. **Nanotecnologia: Curso de segurança química**. São Paulo. Fundacentro, 2016. Disponível em: <<http://www.fundacentro.gov.br/Arquivos/sis/EventoPortal/AnexoPalestraEvento/Seg%20Quimica%20Nano%2012%202016.pdf>>. Acesso em: 27 fev. 2019.

DOS SANTOS, J. C. F. Fenômenos ondulatórios. **Educação.globo**. Disponível em: <<http://educacao.globo.com/fisica/assunto/ondas-e-luz/fenomenos-ondulatorios.html>>. Acesso em: 6 jan. 2019.

ECYCLE. Novas nanopartículas absorvem petróleo das profundezas do oceano. **Ecycle**. Disponível em: <<https://www.ecycle.com.br/component/content/article/37-tecnologia-a-favor/1934-novas-nanoparticulas-absorvem-petroleo-das-profundezas-do-oceano.html>>. Acesso em: 26 fev. 2019.

ELLWANGER, A. L. Conheça a camisinha do futuro feita em grafeno. **Nanociencianoensinobasico**, 2013. Disponível em: <<http://nanociencianoensinobasico.blogspot.com/2013/11/conheca-caminsinha-do-futuro-feita-em.html>>. Acesso em: 10 mar. 2019.

FOUREZ, G. **A construção das ciências: introdução à filosofia e à ética das ciências**. São Paulo: Unesp, 1995.

GLOBO.COM. Nanociência instiga cegos a serem cientistas. **G1**, ago. 2007. Disponível em: <<http://g1.globo.com/Noticias/Ciencia/0,,MUL28252-5603,00-NANOCIENCIA+INSTIGA+CEGOS+A+SEREM+CIENTISTAS.html>>. Acesso em: 2 jan. 2019.

GLOBO.COM. Taça de 1.600 anos que muda de cor já usava princípios de nanotecnologia. **G1**, ago. 2013. Disponível em: <<http://g1.globo.com/ciencia-e-saude/noticia/2013/08/taca-de-1600-anos-que-muda-de-cor-ja-usava-principios-de-nanotecnologia.html>>. Acesso em: 2 mar. 2019.

JURNO, A. Nano o quê?. **Minasfazciencia**, 2016. Disponível em: <<http://minasfazciencia.com.br/2016/06/30/nano-o-que/>>. Acesso em: 27 fev. 2019.

LEITE, I. S. et al. Uso do método cooperativo de aprendizagem Jigsaw adaptado ao ensino de nanociência e nanotecnologia. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 35, n. 4, p. 1-7, 2013.

LIMA, M. C. A.; ALMEIDA, M. J. P. M. Articulação de textos sobre nanociência e nanotecnologia para a formação inicial de professores de física. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 34, n. 4, p. 1-9, 2012.

LINSINGEN, Irlan. Perspectiva educacional CTS: aspectos de um campo em consolidação na América Latina. **Ciência & Ensino**, Campinas, v.01, número especial, *adicionar paginação*, mês 2007.

LUIZ, G. Alunos da UnB usam nanotecnologia para monitorar poluição do ar. **G1**, Distrito Federal, 5 nov. 2015. Disponível em: <<http://g1.globo.com/distrito-federal/noticia/2015/11/alunos-da-unb-usam-nanotecnologia-para-monitorar-poluicao-do-ar.html>>. Acesso em: 12 fev. 2017.

MACHADO, I. R. L, et al. Nanotubos de carbono: potencial de uso em medicina veterinária. **Ciência rural**. V. 44, n. 10 Santa Maria, out. 2014.

MELO, M. A. et al. Preparação de nanopartículas de prata e ouro: um método simples para a introdução da nanociência em laboratório de ensino. **Química nova**. V. 35, n. 9, jul. 2012.

MOVING Atoms: Making The World's Smallest Movie. IBM. Realização de IBM. Nova Iorque: **IBM**, 2013. Son., color. Disponível em:<<https://www.youtube.com/watch?v=xA4QWwaweWA>>. Acesso em: 19 jan. 2019.

MUDANÇA de cor do ouro. **Maisunifra**. Disponível em: <<http://maisunifra.com.br/conteudo/propriedades-oticas-em-nanociencia/#5>>. Acesso em: 6 jan. 2019.

MUENCHEN, Cristiane; AULER, Décio. Configurações curriculares mediante o enfoque CTS: desafios a serem enfrentados na educação de jovens e adultos. **Ciência & Educação**, Bauru, v. 13, n. 3, p. 421-434, 2007.

PASTRANA-MARTÍNEZ, L. M. et al. Nanotubos e grafeno: os primos mais jovens na família do carbono!. **Química 128**, p. 21-27, 2013.

PEREIRA, F. D.; HONÓRIO, K. M.; SANNOMIYA, M. Nanotecnologia: desenvolvimento de materiais didáticos para uma abordagem no ensino fundamental. **Química nova na escola**, v. 32, n. 2, mai. 2010.

PINHEIRO, Nilcéia A. M.; SILVEIRA, Rosemari M. C F; BAZZO, Walter A. Ciência, Tecnologia e Sociedade: a relevância do enfoque CTS para o contexto do Ensino Médio. **Ciência & Educação**, Campinas, v.13, n.01, p.71-84, *mês* 2007.

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

RAFAEL, P. O grafeno seria o futuro da informática?. **Viamais.net**. 2010. Disponível em: <<https://www.viamais.net/blog/o-grafeno-seria-o-futuro-da-informatica/>>. Acesso em: 10 mar. 2019.

REBELLO, G. A. F. et al. Nanotecnologia, um tema para o ensino médio utilizando a abordagem CTSA. **Química nova na escola**, v. 34, n. 1, p. 3-9, fev. 2012.

RENDELUCCI, F. Alotropia - Oxigênio e ozônio, grafite e diamante, etc. **Educação.uol**. Disponível em: <<https://educacao.uol.com.br/disciplinas/quimica/alotropia-oxigenio-e-ozonio-grafite-e-diamante-etc.htm>>. Acesso em: 10 mar. 2019.

RICARDO, E. C. Educação CTSA: Obstáculos e possibilidades para sua implementação no contexto escolar. **Ciência & Ensino**, vol. 1, número especial, nov. de 2007.

SAMPAIO, R. Pesquisador usa nanotecnologia para desenhar bandeira do Brasil. **G1**, São Paulo, 8 set. 2013. Disponível em: <<http://g1.globo.com/ciencia-e-saude/noticia/2013/09/pesquisador-usa-nanotecnologia-para-desenhar-bandeira-do-brasil.html>>. Acesso em: 12 fev. 2017.

SANTOS, W. L. P. Contextualização no ensino de ciências por meio de temas CTS em uma perspectiva crítica. **Ciência & Ensino**, Campinas, v1, n especial, 2007.

SANTOS, W. L. P.; MORTIMER, E. F. Uma análise de pressupostos teóricos da abordagem C-T-S (Ciência – Tecnologia – Sociedade) no contexto da educação brasileira. **ENSAIO – Pesquisa em Educação em Ciência**, v. 2, n. 2, dez. 2002.

SILVA, L. F.; CARVALHO, L. M. A temática ambiental e o processo educativo: o ensino de Física a partir de temas controversos. **Ciência & Ensino**, Campinas, v1, n especial, 2007.

SILVA, S. L. A.; VIANA, M. M.; MOHALLEM, N. D. S. Afinal, o que é nanociência e nanotecnologia? Uma abordagem para o ensino médio. **Química nova na escola**, v. 31, n. 3, ago., 2009.

SILVEIRA, R. M.C.F.; BAZZO, W. Ciência, Tecnologia e suas relações sociais: a percepção de geradores de tecnologia e suas implicações na educação tecnológica. **Ciência & Educação**, Bauru, v. 15, n. 3, p. 681-694, 2009.

SORPRESO, T. P. **Energia Nuclear mediante o enfoque Ciência, Tecnologia e Sociedade na formação inicial de professores de Física**. Tese (Faculdade de Educação), Unicamp. Campinas, 2013.

SOUZA-CRUZ, S. M.; ZYLBERSZTAJN, A.. O enfoque Ciência Tecnologia e Sociedade e a Aprendizagem Centrada em Eventos. In: PIETROCOLA, Mauricio (Org.). **Ensino de Física: conteúdo, metodologia e epistemologia numa concepção integradora**. Florianópolis: UFSC, 2001.

TASCA, R. A. et al. Desenvolvendo habilidades e conceitos no ensino médio por meio de experimento didático envolvendo preparação e aplicação de nanopartículas superparamagnéticas. **Química nova na escola**, v. 37, n. 3, ago., 2015.

TOMA, H. E. A nanotecnologia das moléculas. **Química nova na escola**, v. 21 n. 21, mai., 2005.

VALADARES, E. C.; CHAVES, A.; ALVES, E; G. **Aplicações da física quântica: do transistor à nanotecnologia**. São Paulo: Livraria da Física, 2005

VEJA um Átomo! - Ponto em Comum no BláBláLogia 7. BláBláLogia. Youtube. 4 out. 2016. 4min49s. Disponível em: <<https://www.youtube.com/watch?v=iIYwaAkW2Lk>>. Acesso em: 12 jan. 2019.

VELOCIDADE de reação. **Maisunifra.** Disponível em: <<http://maisunifra.com.br/conteudo/conceitos-basicos-relacionados-a-nanociencia/#4>>. Acesso em: 6 jan. 2019.

ZANELLA, I.; FAGAN, S. B.; BISOGNIN, V.; BISOGNIN, E. Abordagens em nanociência e nanotecnologia para o ensino médio. In: **XVIII Simpósio Nacional de Ensino de Física – SNEF 2009**, Vitória, ES, 26 a 30 de janeiro, 2009. Disponível em: <<http://www.sbf1.sbfisica.org.br/eventos/snef/xviii/>>.

APÊNDICE A — QUESTIONÁRIOS

A.1. DA POSSIBILIDADE AO SURGIMENTO DE UMA NOVA CIÊNCIA

- 1- A partir dos conceitos estudados nesse capítulo, por que podemos afirmar que a nanociência é uma ciência invisível?
- 2- E por que podemos defini-la como inclusiva?
- 3- Você considera que o armazenamento de informação é uma necessidade da nossa sociedade? Por quê?
- 4- Como o desenvolvimento de um armazenamento de informação eterno pode contribuir para a nossa sociedade? E quais os riscos desse desenvolvimento?
- 5- A partir das técnicas de microscopia que vemos nos vídeos, podemos dizer que nos tornamos capazes de ver o átomo? Por quê?
- 6- Analisando a reportagem “memórias eternas”, você considera que algum fator externo à ciência possa influenciar nesse processo?
- 7- O que são nanociência e nanotecnologia?

A.2. AS PROPRIEDADES ÓPTICAS

- 1- As alterações nas propriedades ópticas que vimos no Cálice de Licurgo acontecem com qualquer nanomaterial?
- 2- As características diferentes que são apresentadas se devem apenas ao tamanho das partículas de ouro e de prata que a compõem? Justifique.
- 3- Você acredita, a partir do que vimos nesse capítulo, que a ciência se desenvolve sem qualquer influência histórica?

A.3 MANIPULAÇÃO DA ÁREA SUPERFICIAL

- 1- Como a grande relação superfície-volume das nanopartículas contribui para a despoluição do fundo do mar como propõe a reportagem?

- 2- A reportagem lida no começo do capítulo propõe uma despoluição do fundo do mar, porém, a forma como essa despoluição foi proposta pode oferecer algum risco ao meio ambiente? Quais?
- 3- Podemos afirmar que o desenvolvimento da nanociência e da nanotecnologia é neutro? Em outras palavras, elas se desenvolvem apenas por uma influência mútua entre elas? Discorra sobre usando parte do texto para justificar seu ponto de vista.
- 4- É compreensível estarmos influenciados a pensar que a Ciência desenvolve Tecnologia, e essa Tecnologia é usufruída pela Sociedade. Em outras palavras, tendemos a pensar que essas três entidades se relacionam exclusivamente dessa forma. Você concorda com essa visão?
- 5- Na sua opinião, o desenvolvimento das nano-esponjas foi impulsionado por algo além da Ciência?

A.4. NANOTUBOS DE CARBONO E GRAFENO

- 1- Já que o grafite presente nos lápis que usamos são compostos pelo mesmo elemento que o grafeno e os nanotubos que estudamos, carbono, o que explicaria suas propriedades tão diferentes?
- 2- A partir dos textos que analisamos, você acredita que o interesse no desenvolvimento dessas tecnologias é exclusivamente de cientistas e da sociedade, pelo benefício que podem nos trazer? Em caso de uma resposta negativa, que outro tipo de instituição você acredita estar interessada nesse desenvolvimento?
- 3- Você acredita que o desenvolvimento desses produtos traria exclusivamente bem-estar para a sociedade?
- 4- Caso a resposta à pergunta anterior seja negativa, quais riscos o desenvolvimento desses produtos pode nos trazer?
- 5- Você acredita que no caso de esses produtos chegarem no mercado, todos teriam acesso a eles?

ANEXO A — REPORTAGENS UTILIZADAS NA UNIDADE DE ENSINO

A.1 MEMÓRIAS ETERNAS

A história da humanidade começou com a invenção da escrita e ela só foi possível porque existia onde armazenar informação. Desde então, a humanidade vem desenvolvendo melhores formas de registrar nossa memória para a posteridade. Desde os primeiros escritos em pedra até os atuais HDs e DVDs de armazenamento, todas essas são formas de guardar informação.

O principal objetivo das pesquisas sobre esse tipo de memória é justamente conseguir armazenar a maior quantidade de informação no menor espaço possível. Hoje em dia é possível ter armazenado todo o acervo de uma biblioteca dentro de um DVD. Mas como se deu esse progresso?

Uma Breve História da Memória...

O registro mais antigo de memória armazenada foi de desenhos encontrados em paredes de cavernas. Isso é considerado pré-história, pois ainda não havia sido desenvolvida a escrita. Ela surgiu a partir do aprimoramento desses desenhos, transformando imagens em ideogramas menores e depois em letras. Tudo isso ocorreu há mais de cinco mil anos.

Desde essa época até hoje houveram diversos avanços na tentativa de tornar o armazenamento mais eficaz. Os primeiros escritos em pedras e tábuas de argila ocupavam muito espaço. Surgiu então o papiro e logo em seguida o papel. Assim, transportar conhecimento ficou muito mais fácil e leve.

Durante muito tempo, os livros foram a melhor forma de armazenar tecnologia. Os mais antigos eram feitos de couro e pesavam muito mais do que os de papel, que logo os substituíram. Todo o trabalho de desenvolvimento de tecnologia era para fazer folhas mais leves e formas de impressão mais finas, capaz de armazenar muito mais informação em um espaço muito menor.

Com o avanço da tecnologia e o surgimento da informática, no século XX, surgiram as primeiras memórias digitais, utilizando a linguagem binária de 0 e 1. Cada

ponto era um bit de informação e essas memórias conseguiam armazenar muitos bits em pouco espaço. Oito pontos formavam um byte e cada byte pode ser um caractere. Assim, muitas letras foram substituídas por vários pontos menores.

As primeiras formas de registro digital foram as magnéticas, utilizados bastante em disquetes e fitas K7. Aos poucos a eficiência desses disquetes foi melhorando e a densidade de informação aumentou. Densidade de informação pode ser entendida como a capacidade de armazenamento, dividido pela área ocupada. Ou seja, quanto mais informação em um menor espaço, maior a densidade. Hoje em dia ainda utilizamos essa memória magnética em nossos HDs.

Além da memória magnética, temos as memórias óticas dos CDs, DVDs e Blu-rays. Elas utilizam raios de luz para armazenar e ler os bits de informação, e como a luz utilizada é muito menor do que os leitores magnéticos, as memórias óticas também têm maior densidade que as magnéticas.

Outro tipo de memória que está ganhando bastante espaço hoje em dia, justamente por ser barata e de grande densidade, é a memória flash. Ela armazena informações em um chip de silício, tal qual chips de computador. O grande problema dela é que um único dispositivo de armazenamento tem um limite físico de tamanho (que aumenta com o passar do tempo e a melhora da tecnologia e atualmente os de 16 Gb ou 32 Gb são os maiores comumente encontrados no mercado. Porém, existem outros de até 256 Gb, apesar de terem preços mais caros. Uma forma bastante simples de resolver isso é ter vários dispositivos de memória flash combinados. Isso não melhora a densidade de informação, somente a quantidade.

O grande problema disso tudo é que quanto maior ficava a densidade da memória, menor era o tempo de duração da mídia que a continha, pois os meios ficavam muito mais frágeis e delicados. Os primeiros escritos em pedra, com densidade de memória muito menor, duraram até hoje, enquanto alguns disquetes feitos nos anos 80 já não podem ser mais lidos, pois se degradaram nesse meio tempo. Foi pensando nisso que pesquisadores começaram a desenvolver a “memória eterna”.

A memória que dura para sempre

A eternidade é algo difícil de mensurar. Mas sabe-se que ela dura por bastante tempo. Essa nova tecnologia, depois de passar por alguns testes, foi prevista para durar praticamente um bilhão de anos sem perder informações. Como até agora nem mesmo a humanidade conseguiu chegar perto do bilhão de anos, estão chamando essa nova tecnologia de Memória Eterna.

Ela funciona utilizando nanotecnologia de nanotubos de carbono. São pequenos tubos que contêm micropartículas de ferro. Esse ferro pode estar em uma de duas posições, indicando um 0 ou 1 no sistema binário. A grande questão é que esses nanotubos são tão pequenos que é possível ter muito mais informação em uma área muito menor do que qualquer memória feita até hoje. Além disso, a constituição de carbono e ferro garante ao sistema uma estabilidade muito maior, conservando a informação por muito mais tempo.

Mas não é só isso a novidade. Pesquisadores conseguiram, utilizando diferentes frequências e ângulos de luz do leitor, armazenar até seis informações diferentes na mesma área. Assim, você consegue uma densidade muito maior, sem risco de perder conteúdo.

Todo esse sistema funciona alinhando esses nanotubos de carbono entre pequenas placas magnéticas, capazes de movimentar as micropartículas de ferro quando ativadas com eletricidade. Entretanto, esse sistema é tão pequeno que basta um simples elétron em uma dessas placas para movimentar o ferro. O leitor é ótico, feito com raios laser de diferentes frequências. Isso faz com que um mesmo raio possa, ao mesmo tempo, ativar as placas magnéticas e ler as informações dos nanotubos.

Aplicações dessa nova memória

Até agora, o sistema de armazenamento em fitas magnéticas é o que tem maior estabilidade e duração, mas, devido à sua forma de trabalho, é utilizado somente por bancos, algumas agências do governo e grandes empresas. A maioria das pessoas e instituições precisa recorrer à substituição de mídia, fazendo backups periódicos do material guardado. A ideia é que essas memórias eternas possam substituir os discos de armazenamento de grandes bancos de dados, bibliotecas, universidades, até mesmo chegando aos computadores pessoais.

O grande desafio será na fabricação. Os modelos desenvolvidos ainda são protótipos, ou seja, são modelos únicos feitos para testes. Ainda não se sabe como pode ser a produção dos nanotubos de carbono para venda em massa, nem quanto isso poderia sair. Como a tecnologia é bastante nova e não tão difundida, inicialmente imagina-se um preço muito alto para as memórias eternas. Mas, como ocorre com todas as tecnologias, com o tempo, o valor de produção tende a cair e essa forma de armazenamento pode se tornar muito mais popular.

Conclusão

As pesquisas ainda estão em andamento, por isso não existe previsão de quando algo assim possa vir para o mercado de consumidores. Mesmo assim, isso é um bom sinal, pois mostra que a humanidade está preocupada em guardar a sua história e sua memória por mais tempo. Além disso, essas memórias, por terem uma densidade muito maior do que qualquer outra já desenvolvida, conseguem armazenar muito mais informação do que conseguimos imaginar.

Imagine que em um pequeno espaço, em um chip de microtubos de carbono, seja capaz de guardar o que quisermos durante quanto tempo precisar. Os arqueólogos do futuro, do século XXX, não mais precisarão escavar sítios perdidos, mas sim desvendar e ler as memórias eternas para saberem como eram as pessoas no século XXI.

A.2. NANOCIÊNCIA INSTIGA CEGOS A SEREM CIENTISTAS

Grupo quer estimular interesse pela ciência em estudantes com deficiência visual.

"Somos todos cegos na nanoescala", diz pesquisador.

A observação é parte intrínseca do trabalho científico, mas na nanociência nossos olhos não servem para nada. É com isso em mente que um grupo de pesquisadores americanos quer estimular os cegos a se tornarem cientistas.

"Somos todos cegos na nanoescala", diz Andrew Greenberg, do Centro de Engenharia e Ciência de Nanoescala, da Universidade de Winsconsin-Madison, e do Instituto de Educação Química, nos Estados Unidos. "A mensagem para os

estudantes cegos é: 'isso é algo que você pode fazer, esse é um campo em que você pode entrar. Você tem a mesma capacidade para entender o que está acontecendo que qualquer outra pessoa"', diz ele.

O menor objeto que conseguimos enxergar é milhares de vezes maior que uma nanoestrutura -- mesmo os melhores e mais avançados microscópios são cegos nessa escala. É com esse argumento que Greenberg e sua equipe estão tentando instigar o interesse pela ciência nos deficientes visuais. "A ciência deve estar aberta a todos que têm interesse", afirma.

Da mesma maneira que alunos que enxergam estudam imagens aumentadas de uma nanoestrutura, os estudantes cegos vão analisar modelos aumentados que podem ser tocados por seus dedos. Isso graças ao trabalho de Greenberg e um de seus alunos, Mohammed Farhoud.

Para começar o trabalho, eles fizeram uma versão em nanoescala do mascote da universidade, Bucky Badger, com nanofibras de carbono. O NanoBucky é tão pequeno que seriam preciso 9 mil cópias dele para preencher uma cabeça de alfinete. Depois, os pesquisadores fizeram uma versão ampliada do NanoBucky, que os alunos cegos podem tocar para entender a estrutura das nanofibras.

O próximo passo da pesquisa será testar o aprendizado dos deficientes visuais para ver se eles realmente conseguiram absorver conhecimentos sobre nanociência. Se der certo, os modelos poderão ajudar até mesmo estudantes que enxergam.

O trabalho foi apresentado originalmente durante a reunião nacional da Sociedade Americana de Química.

A.3. TAÇA DE 1.600 ANOS QUE MUDA DE COR JÁ USAVA PRINCÍPIOS DE NANOTECNOLOGIA

Objeto apresenta cores diferentes conforme a posição da fonte de luz.

'Cálice de Licurgo', da Roma Antiga, está atualmente no Museu **Britânico**.

O objeto da Roma Antiga conhecido como "Cálice de Licurgo", que está atualmente no Museu Britânico e tem mais de 1.600 anos de história, é conhecido por uma peculiaridade: quando é iluminado pela frente, tem a cor verde jade. Quando iluminado por trás, parece ser vermelho sangue. A história sobre a revelação da

“mágica” do cálice que muda de cor foi publicada na edição de setembro da revista "Smithsonian".

O mistério só foi revelado em 1990, quando pesquisadores analisaram em microscópio pequenos fragmentos quebrados do vidro. Eles descobriram que o vidro continha partículas de prata e de ouro tão pequenas que seria preciso mil delas para alcançar o diâmetro de um grão de sal refinado. As partículas tinham, mais precisamente, 50 nanômetros de diâmetro, o que faz dos antigos romanos os pioneiros da nanotecnologia.

Quando a luz bate no vidro, os elétrons dos metais ali contidos vibram de maneira que alteram a cor dependendo da posição do observador. Pesquisadores imaginaram que, quando a taça estava cheia de líquido, isso alteraria a interação dos elétrons e também a cor do vidro.

Como não era possível encher a relíquia com líquido para realizar experiências, cientistas procederam da seguinte forma: fizeram pequenos furinhos em uma plataforma de plástico do tamanho de um selo de carta e espalharam pelos furinhos nanopartículas de ouro e prata, assim como os antigos romanos haviam feito no vidro do cálice.

Quando soluções de água, óleo ou açúcar eram derramadas nos furinhos, eles apresentavam uma gama de cores de fácil distinção – verde claro para água e vermelho para óleo, por exemplo.

O mesmo tipo de tecnologia que os romanos aprenderam a utilizar para fazer arte é utilizada, hoje em dia, na área da saúde. Testes de gravidez caseiros, que envolvem uma reação de mudança de cor, por exemplo, utilizam princípios similares.

O cálice, que foi adquirido pelo Museu Britânico na década de 1950, tem esse nome porque retrata uma cena da vida do rei Licurgo da Trácia.

A.4. NOVAS NANOPARTÍCULAS ABSORVEM PETRÓLEO DAS PROFUNDEZAS DO OCEANO

Pesquisadores desenvolvem uma tecnologia para ajudar a combater os prejuízos causados pelo derramamento de petróleo

Nanopartículas que absorvem petróleo como esponjas foram projetadas por cientistas da Universidade do Texas A&M, nos Estados Unidos (EUA). As nano-esponjas servem para retirar o óleo derramado que afundou no mar. A pesquisa foi publicada no periódico acadêmico ACS Nano

Para efetuar a limpeza da superfície de oceanos quando acidentes com petróleo acontecem, já existem certos métodos tradicionais de remoção, mas eles não funcionam para purificar o fundo dos oceanos contaminados.

Para se livrar da poluição que estava alojada nas profundezas, produtos químicos dispersantes eram utilizados. Mas esses compostos não removiam as impurezas do oceano, apenas tornavam o petróleo derramado na hidrosfera menos danoso ao meio ambiente.

Sobre as pequenas esponjas

As nanopartículas usadas para limpar o oceano são 100 vezes mais finas do que um fio de cabelo humano e capturam dez vezes o seu próprio peso de poluição de óleo no mar. Depois de completar o serviço, as esponjas nanicas podem ser retiradas da água, usando um ímã para atrair o ferro presente no óxido, e terem o óleo removido através de uma lavagem com etanol. Após esses processos, as nanopartículas podem ser reutilizadas para outras atividades.

A arquitetura das nano-limpadoras é baseada em nanopartículas de óxido de ferro com revestimento de um polímero que usa isopor e o absorvente utilizado em fraldas de bebê. Quando empregada para despoluir o oceano, um pouco de água é assimilada, mas o principal é a grande quantidade de óleo absorvido. Quando está cheia, a nanopartícula muda de cor, indo do castanho claro para o preto, e flutua para a superfície.

Método em teste e de complementação

A quantidade de nano-esponjas necessárias para limpar todo o volume despejado por um derramamento de petróleo seria astronômica. Por isso, o emprego das técnicas tradicionais de limpeza de óleo no mar seria usado primeiramente. Depois, as nanopartículas lidariam com o excedente no fundo do mar. Trata-se de uma tecnologia que cria uma opção a mais para combater a poluição da hidrosfera. Além disso, os pesquisadores ainda estão avaliando como a tecnologia se comporta

após ser lançada no oceano, medindo a influência que as ondas causam na absorção de óleo, por exemplo.

Uma preocupação que existe é que essas nanopartículas não são biodegradáveis, por isso há de se verificar a quantidade de material que pode ser lançado ao mar. Os pesquisadores estão trabalhando no desenvolvimento de um polímero baseado em açúcar que poderia ser absorvido pelo meio ambiente.

Como a grande relação superfície-volume das nanopartículas contribui para a despoluição do fundo do mar como propõe a reportagem?

Essa atividade propõe uma despoluição do fundo do mar, porém, pode oferecer algum risco ao meio ambiente? Quais?

Podemos afirmar que o desenvolvimento da nanociência e da nanotecnologia é neutro? Em outras palavras, elas se desenvolvem apenas por uma influência mútua entre elas? Discorra sobre usando parte do texto para justificar seu ponto de vista.

A.5. CONHEÇA A CAMISINHA DO FUTURO FEITA EM GRAFENO

Grafeno: você já ouviu falar desse composto que rendeu o Prêmio Nobel de física em 2010? O grafeno é uma das formas cristalinas do carbono, assim como o diamante e o grafite. O grafeno de alta qualidade é muito forte, leve, quase transparente e um excelente condutor de calor e eletricidade. É o material mais forte já demonstrado, consistindo em uma folha plana de átomos de carbono densamente compactados em uma grade de duas dimensões.

Por essas e outras qualidades, a Fundação de Bill Gates doou US\$ 100 mil para pesquisadores misturarem o material ao látex dos preservativos, tornando-os mais finos, resistentes e prazerosos. O produto já vem sendo aplicado em filtros para dessalinizar água, baterias super potentes e processadores ultra rápidos – e agora, a camisinha do futuro, que deve aliar a força do grafeno à elasticidade do látex.

O objetivo da Fundação criada pelo fundador da Microsoft, Bill Gates, é o de lançar no mercado uma camisinha tão fina e segura que sirva de incentivo para a prática do sexo seguro no mundo inteiro, especialmente nos países pobres, com maior

incidência de doenças sexualmente transmissíveis, colocando fim ao estigma de que o ato sexual com preservativo é menos prazeroso.

O diretor sênior da equipe de HIV na fundação Bill e Melinda Gates, Papa Salif Sow, disse que a super camisinha será uma arma poderosa na luta contra a pobreza. Segundo a organização, a produção mundial de camisinhas é de 15 bilhões de unidades por ano, utilizadas por 750 milhões de usuários. Os dados são muito inferiores, se comparados ao número de pessoas sexualmente ativas no mundo, mostrando que o sexo seguro ainda não é uma rotina na vida de muitas pessoas.