

UNIVERSIDAD DISTRITAL
FRANCISCO JOSÉ DE CALDAS

Revista Góndola, Enseñanza y Aprendizaje de las Ciencias

Bogotá, Colombia

<http://revistas.udistrital.edu.co/ojs/index.php/GDLA/index>

DOI: 10.14483/udistrital.jour.gdla.2017.v12n1.a2

Resultado de investigación

A NANOTECNOLOGIA NA CONCEPÇÃO DE ESTUDANTES DO ENSINO MÉDIO: O DESENHO COMO ELEMENTO DE ANÁLISE

NANOTECHNOLOGY IN CONCEPTIONS OF HIGH SCHOOL STUDENTS: DRAWING AS ANALYSIS ELEMENT

Ariane Baffa Lourenço¹
Pedro Donizete Colombo Junior²
José Guilherme Lício³
Daniel Fernando Bovolenta Ovigli⁴

Cómo citar este artículo: Lourenço, A.B., Colombo Junior, P. D., Lício, J. G., Ovigli, D. F. B. (2017). A nanotecnologia na concepção de estudantes do ensino médio: o desenho como elemento de análise. *Góndola, Enseñ Aprend Cienc*, 12(1), 27-42. doi: 10.14483/udistrital.jour.gdla.2017.v12n1.a2.

Recibido: 11 de agosto 2016 / Aceptado: 12 de octubre de 2016

Resumo

A nanotecnologia tem surgido como um campo amplo, promissor e com grande impacto na sociedade, o que acaba por requerer a abordagem desta temática no contexto escolar da Educação Básica. Neste estudo exploramos as concepções que estudantes dos três anos do Ensino Médio de uma escola pública brasileira apresentam sobre nanotecnologia, a partir de desenhos sobre a temática por eles produzidos. Identificamos que a maioria dos alunos relaciona a nanotecnologia a aparelhos eletrônicos e circuitos eletrônicos, uma pequena quantidade apresenta uma relação da nanotecnologia com átomos e moléculas e faz uma relação desta área do conhecimento com escala de tamanho. Além disso, observamos que não há diferença significativa das concepções dos alunos com relação à série do ensino médio que cursa. Resultados desta pesquisa indicam que propiciar momentos de reflexão sobre nanotecnologia no contexto escolar torna-se fundamental para que os estudantes tenham a percepção de seu cotidiano imediato, mesmo aquele que nossa percepção visual não evidencia,

1. Doutora em Ensino de Física, docente da Universidade Federal da Grande Dourados (UFGD), Brasil. Correio eletrônico: arianebaffa@gmail.com
2. Doutor em Ensino de Física, docente da Universidade Federal do Triângulo Mineiro, Brasil. Correio eletrônico: pedro.colombo.jr@icene.ufmt.edu.br
3. Bacharel em Física, mestrando da Universidade de São Paulo, Brasil. Correio eletrônico: jose.licio@usp.br
4. Doutor em Educação para a Ciência, docente da Universidade Federal do Triângulo Mineiro (UFTM), Brasil. Correio eletrônico: daniel@icene.ufmt.edu.br

e desta forma contribui para inserir conteúdos modernos das Ciências da Natureza em especial, nesta etapa de escolarização. Adicionalmente, a inserção de tópicos relacionados coloca-se como dianda na formação inicial (e também continuada) de professores, uma vez que o processo de ensino e aprendizagem carece da busca por novas metodologias de ensino e formas de verificação da aprendizagem e entendimento dos educandos, e nem sempre os professores estão preparados, como foi apontado pela docente dos alunos que participou desta pesquisa.

Palavras chaves: Nanotecnologia. Ciência e tecnologia. Desenho. Ensino. Formação.

Abstract

Nanotechnology has become a broad field promising great impact on society, which ultimately requires the approach of this subject in schools of basic education. In this study we explore concepts that brazilian high school students have about nanotechnology, from drawings produced by them. We found that most students relate nanotechnology to electronic devices and electronic circuits, and a reduced number consider nanotechnology related to atoms/molecules and their connections between this knowledge area with size scale. In addition, we observed that there is no significant difference between students' conceptions regarding the different high school series that they attend. Other results of this research indicate that providing reflection moments about this subject in the school context it is essential for students recognize the perception about their immediate daily life, even when our visual perception does not show anything, and thus contribute to include modern contents, in the natural sciences, particularly to this schooling stage. Additionally, the inclusion of these topics is placed as important in initial (and continuous) teachers training programs, since the process of teaching and learning requires search for new teaching methods, and teachers are not always prepared, as pointed out by the teacher who participated in this research.

Keywords: Nanotechnology. Science and technology. Drawing. Teaching. Learning.

Introdução

A nanotecnologia, em termos gerais, pode ser entendida como o controle e a reestruturação da matéria em nanoescala, em nível atômico e molecular, na faixa compreendida entre 1-100nm (1nm=10⁻⁹ metros). Esta reestruturação busca o desenvolvimento de materiais, dispositivos e sistemas com novas propriedades em função de sua pequena estrutura (Roco, 2011). Em adição a estas considerações, a

Organização Nacional de Nanotecnologia dos Estados Unidos (Estados Unidos da América, 2016) explicita que:

A nanotecnologia está preocupada com materiais e sistemas cujas estruturas e componentes melhoram significativamente as propriedades físicas, químicas e biológicas, os fenômenos e processos devido ao seu tamanho em nanoescala. O objetivo é explorar essas propriedades para ganhar o controle de estruturas e

dispositivos em níveis atômicos, moleculares e supra-moleculares e para aprender a fabricar e utilizar estes dispositivos de forma eficiente (2011, tradução nossa).

Esta área do conhecimento tem sido indicada como um campo revolucionário da ciência e tecnologia (Roco, 2011) e como a tecnologia do século XXI (Meyyappan, 2004), tendo um enorme potencial para influenciar o mundo em que vivemos (UDDIN e Chowdhury, 2001). De acordo com Roco (2011) espera-se que até o ano 2020 a nanotecnologia acelere as descobertas científicas e de inovação em direção às respostas aos desafios sociais, como sustentabilidade, geração de energia e melhoria da saúde com menores custos e maior disponibilidade à população.

Além disso, há potencial para incorporar produtos e serviços oriundos da nanotecnologia em quase todos os setores industriais e áreas médicas, resultando em benefícios como aumento da produtividade, o desenvolvimento mais sustentável e novos postos de trabalho. Este novo cenário beneficiará a sociedade, mas exigirá novas abordagens em matéria de políticas responsáveis, antecipatórias, participativas e avaliação de tecnologias pela sociedade. Assim, o potencial da nanotecnologia e suas implicações sociais demanda a educação de estudantes, cientistas e a população em geral, sobre este campo emergente.

Alfonso (2011) discutindo sobre a situação atual da divulgação e do treinamento em nanociência e nanotecnologia no Brasil, apresenta investimentos e cooperações desenvolvidas no país, em especial com Argentina e México, e disserta sobre as principais atividades de divulgação dos resultados das pesquisas nacionais em nanociência (NC) e nanotecnologia (NT). Entre eventos nacionais e internacionais específicos sobre a temática, o autor elenca 21 realizados entre os anos de 2007 e 2011 ressaltando, ainda, que outras formas diretas e indiretas de divulgação, a exemplo de programas televisivos, livros, jornais-boletins e feiras de ciências, ampliam estes dados. No contexto brasileiro, ações com relação à divulgação da nanotecnologia têm sido realizadas

e intensificadas nos últimos anos, em especial nos âmbitos acadêmico, de popularização da ciência e tecnologia e ainda de forma inicial na sala de aula.

Em 2013, com o objetivo de promover o desenvolvimento científico, tecnológico e a inovação na área, foi lançada a Iniciativa Brasileira em Nanotecnologia (IBN), com intenção de interagir os setores público e privado. Entre as linhas-mestras da IBN, destaque-se o fato de ser um programa constituído por diferentes ações estratégicas: seu documento-base reafirma a necessidade de que a NT torne a indústria brasileira mais inovadora, para aumentar a competitividade da economia. Para tanto, a IBN prevê projetos nas áreas de meio ambiente, saúde, petróleo e gás, energia, nanomateriais e nanocompósitos e agronegócios e alimentos. No documento constam desafios, definidos pelo Ministério de Ciência e Tecnologia, quanto às soluções a serem objeto dos projetos (Plentz e Fazzio, 2013).

No que concerne à perspectiva acadêmica, um recente levantamento (Hasmy, 2011) mostrou que a produção científica brasileira na área tem superado a de países latino-americanos, como México, Argentina, Colômbia, Cuba e Uruguai. No entanto, cabe destacar que tais produções, quase que em sua totalidade, ficam restritas a especialistas, sendo ínfimas (quando comparadas ao meio acadêmico) as produções voltadas para público escolar e geral.

Em um olhar superficial, podem parecer amplas as ações de NC e NT no cenário nacional, porém em detrimento da potencialidade e os efeitos da nanociência e da nanotecnologia na sociedade, ainda há muito a fazer no sentido da popularização deste conhecimento frente ao que já é realizado no cenário internacional. Como exemplo, encontramos trabalhos, em diferentes países, que promovem e abordam temas específicos de nanociência e nanotecnologia desde a educação infantil até o ensino médio (Estados Unidos da América, 2016), temas estes discutidos por diversos autores (Schulz, 2007; Alford, 2009; Zanella *et al.*, 2009).

Com o exposto, abordar tópicos de nanotecnologia na escola torna-se fundamental, visto que não apenas propicia aos estudantes a percepção do que

está à sua volta, mas também é uma forma de inserir conteúdos modernos das Ciências. A abordagem da temática pode ajudar no entendimento sobre processamento e fabricação de novas estruturas em nível molecular e sobre a criação de novos materiais (Shaw, 2001), algo amplamente divulgado pelas mídias na sociedade contemporânea. Ademais, a nanotecnologia pode ser um recurso pedagógico com potencial para incentivar na população a curiosidade e vocações científicas dos jovens (Serena e Tudor, 2011).

Tendo em vista a crescente atenção dispensada à temática de nanotecnologia para o desenvolvimento da sociedade, e a importância de sua inserção no contexto escolar, no presente artigo é apresentado um estudo realizado com alunos do Ensino Médio sobre suas concepções a respeito da nanotecnologia. Busca-se, ainda, verificar o uso de desenhos como recurso metodológico para a identificação de concepções de alunos de Ensino Médio sobre nanotecnologia, lacuna observada quando da sistematização do tópico seguinte, em uma perspectiva de contribuição à literatura que trata do ensino de NC e NT na Educação Básica. Ademais, procuramos fazer uma relação das concepções dos alunos e o conhecimento da professora destes sobre a NC e NT.

Breve histórico da nanotecnologia nas pesquisas em Ensino de Física: um olhar para os anais do Simpósio Nacional de Ensino de Física

Os Simpósios Nacionais de Ensino de Física (SNEF) acontecem desde o ano de 1970 e se caracterizam como o maior evento da área no Brasil. Desde sua criação abordam questões relativas ao tema em todos os níveis e modalidades da educação formal (Brasil, 2015), além de incluir temáticas voltadas à divulgação das ciências físicas em contextos não formais.

Em sua trajetória de mais de 40 anos, novos temas emergiram, delineando tendências para a pesquisa em Ensino de Física, em particular sobre a inserção da Física Moderna e Contemporânea no currículo

do Ensino Médio. Questionamentos acerca dessa produção são sistematizados na página de abertura do último SNEF, realizado no ano de 2015 nas dependências da Universidade Federal de Uberlândia (UFU), em Minas Gerais:

Qual a concepção da comunidade de professores e pesquisadores em ensino de Física em relação a uma melhor definição do currículo da educação básica, que é um tema que tem sido evocado pelo novo presidente do INEP? O que pensa a comunidade de educadores em Física sobre o ensino de tempo integral nas escolas de educação básica? Tem existido, de fato, inserção de temas de Física Moderna e Contemporânea no currículo do ensino médio? De que forma esse tema tem sido trabalhado dentro do currículo atual e quais resultados têm apresentado? Como se avalia o ensino e a formação do professor de Ciências e sua capacidade de atrair estudantes para a área científica? (SBF, 2015)

Frente aos questionamentos em destaque, uma busca nos anais do SNEF foi realizada tendo em vista localizar trabalhos que tratassem especificamente de assuntos voltados ao ensino de NC e NT, os quais se caracterizam como temas de Física Moderna e Contemporânea (FMC). Para tanto, foram focalizadas as últimas cinco edições do evento, ou seja, a última década, havendo número muito reduzido de trabalhos que versavam diretamente sobre a temática (Tabela 1). É importante destacar que muitos trabalhos que discutem possibilidades de trabalho FMC no Ensino Médio citam ou sinalizam o uso de NC e NT, porém não focalizam o ensino desta temática, fato este que foi considerado no levantamento realizado.

Nas edições realizadas entre 2003 e 2015, apenas 11 trabalhos tratam especificamente do ensino de NC e NT, sendo 1 no ano de 2015, 3 na edição de 2013, 2 na edição de 2011, 3 na edição de 2009, 2 em 2007 e nenhum trabalho foi identificado na edição de 2005. Este panorama evidencia uma lacuna quanto a esta produção: nenhum deles, inclusive, emprega o desenho como recurso metodológico, conforme é possível evidenciar na Tabela 1.

Tabela 1. Os trabalhos sobre ensino de NC e NT nos anais do SNEF.

| Ano | Título | Autores | Objetivos | Procedimentos Metodológicos |
|------|--|--|--|---|
| 2007 | Alfabetização científica e tecnológica na Nanoaventura: uma viagem divertida pelo mundo da Nanotecnologia. | Cláudia de Oliveira Lozada e Mauro Sérgio Teixeira de Araújo. | Identificar os efeitos produzidos por um trabalho articulado entre a educação escolar e a educação museal (exposição Nanoaventura), baseado na concepção de Pedro Demo sobre educar pela pesquisa. | Entrevista estruturada e questionário. |
| 2007 | Nanociências e Nanotecnologia: descobrindo e explorando o mundo do muito pequeno. | Marcos A. Pimenta. | Contextualização da temática de Nanociência e Nanotecnologia. | Não indicado. Trata-se de um texto introdutório de cunho de divulgação científica que fora apresentado no formato de conferência ⁵ . |
| 2009 | Do metro ao nanometro: um salto para o átomo. | Anderson L. Ellwanger, Solange B. Fagan e Ronaldo Mota. | Elaboração e implementação de um material instrucional sobre Nanociências para a 8ª série do Ensino Fundamental e 3º ano do Ensino Médio na cidade de Santa Maria/RS. | Produção de material didático. |
| 2009 | O uso de textos de divulgação científica para abordagens de tópicos de Nanociências em aulas de física. | Tania Marlene Costa Menegat, Solange Binotto Fagan. | Descrever uma estratégia didática para o uso de textos de divulgação científica em temas de Nanociências para aulas de Física. | Desenvolvimento de atividades didáticas com uso de textos de divulgação científica em uma perspectiva investigativa. |
| 2009 | Abordagens em Nanociência e Nanotecnologia para o Ensino Médio. | Ivana Zanella, Solange B. Fagan, Vanilde Bisognin, Eleni Bisognin. | Síntese das principais potencialidades da escala nanométrica, assim como duas atividades, que envolvem a transição da escala macroscópica e microscópica para escala nanométrica. | Produção de material didático. |
| 2011 | Abordagens de Nanociências para o ensino básico. | Anderson Luiz Ellwanger, Solange B. Fagan. | Inserir tópicos de Nanociências no ensino básico por meio de abordagens de conteúdos associados ao tema, atividades matemáticas e produção de textos. | Produção textual. |

5. Disponível em: <http://www.sbf1.sbfisica.org.br/eventos/snef/xvii/programa/XVIISNEF_programa_e_resumos.pdf>. Acesso em 8 de outubro de 2016. Replicado pelo Espaço do conhecimento da UFMG, 2012 em: <<http://www.espacodoconhecimento.org.br/?p=3599>>. Acesso em 8 de outubro de 2016.

| | | | | |
|------|---|--|--|---|
| 2011 | Análise investigativa da percepção de alunos do ensino médio a respeito do tema Nanociência e Nanotecnologia. | Jussane Rossato, Mateus de A. Granada e Solange B. Fagan. | Levantamento em instituições públicas de ensino médio na cidade de Santa Maria/RS, sobre o conhecimento do tema Nanociência e Nanotecnologia, tendo alunos como público-alvo. | Questionário. |
| 2013 | Introduzindo temas de Nanociência no ensino médio. | Flávio Araújo Pousa Paiva, Barbara Barboza Lino, Iago Sadao Beirigo Kamimura, Rander do Prado Vidal, Saulo Antônio Leonardo, Thais Balada Castilho, Nilva Lucia Lombardi Sales, Marcos Dionizio Moreira. | Relato de experiência de licenciandos bolsistas de subprojeto de Física do PIBID/2011. Apresenta atividade que aborda a Nanociência e as suas aplicações em turmas do 3º ano do Ensino Médio em duas escolas públicas de Uberaba/MG, parceiras do projeto. | Relato de uma experiência de introdução ao trabalho com Nanotecnologia no Ensino Médio. |
| 2013 | Mapas conceituais como recurso didático no ensino de Nanociências. | Mateus Granada, Anderson Ellwanger, Jussane Rossato, Solange B. Fagan. | Desenvolvimento e aplicação de módulos didáticos, que contemplam propriedades ópticas de materiais em nanoescala. O material tem sua estrutura organizada em forma de um sítio eletrônico, contendo cinco módulos virtuais que contemplam textos de divulgação científica e recursos de mídia. | Produção de material didático. |
| 2013 | Leitura de um texto de divulgação científica sobre Nanotecnologia no Ensino Médio. | José Márcio de Lima Oliveira, Cláudia Urbano Ferreira, Maria José P. M. de Almeida. | Analisar as representações dos estudantes ao produzirem significados sobre um texto de divulgação científica com conteúdo voltado à Nanotecnologia, baseando-se em aportes da análise do discurso. | Análise textual. |
| 2015 | Uma discussão sobre Nanociência e Nanotecnologia em aulas de Física da educação básica. | Debora Marques Santos, Leandro Londero. | Compreender os significados atribuídos, por alunos do EM, à NC e NT quando submetidos a aulas destinadas a estes temas. | Questionário estruturado. |

O ínfimo número de trabalhos encontrados sobre a temática nas últimas edições do SNEF reforça a pesquisa realizada por Jesus e Higa (2014) a qual, por meio de uma revisão bibliográfica apoiada pelo buscador web *Google Scholar*, relata a ocorrência de 20 publicações entre os anos de 2005 e 2014, sobre propostas de ensino de nanotecnologia no Ensino Médio brasileiro. Indicam ainda que a maior

parte destas publicações está vinculada à área das Ciências, o que indica que está é uma temática que vem sendo trabalhada sob a ótica das Ciências da Natureza.

Os dados apresentados evidenciam a necessidade de se maximizar a inserção de FMC no Ensino Médio, em especial as abordagens vinculadas diretamente sobre nanociência e nanotecnologia, uma

vez que, estas estão cada vez mais presentes em nosso cotidiano imediato. Muitas razões sustentam a inserção de FMC no Ensino Médio, nas palavras de Ostermann e colaboradores (1998):

Despertar a curiosidade dos estudantes e ajudá-los a reconhecer a física como um empreendimento humano e, portanto, mais próxima a eles. Os estudantes não têm contato com o excitante mundo da pesquisa atual em física, pois não veem nenhuma física além de 1900. Esta situação é inaceitável em um século no qual ideias revolucionárias mudaram a ciência totalmente. É do maior interesse atrair jovens para a carreira científica. Serão eles os futuros pesquisadores e professores de física. (p.270)

Leonel (2010) explicita que graças ao desenvolvimento da FMC é que as ideias e desenvolvimentos tecnológicos vinculados à nanociência e à nanotecnologia se tornaram possíveis. Apresentar e discutir NC e NT com os alunos vai além de sua importância frente a aspectos da ciência básica, por exemplo, inclui comportamento e análise de propriedades físicas e químicas em nanoescalas e estudos quânticos. Tais discussões permitem que o aluno perceba a presença da ciência moderna em seu cotidiano e suas implicações para áreas como saúde, economia e comunicações. Sobre este aspecto, Martins (2004) explicita que a nanotecnologia configura-se em um contexto de desenvolvimento tecnológico que reflete importâncias econômica, tecnológica, social e teórica vinculada ao progresso da ciência, assim aponta:

Da nanotecnologia também espera-se grandes impactos diretos na qualidade de vida das pessoas, por exemplo, tornando os remédios mais eficazes, na medida que viabiliza a colocação do mesmo exatamente na célula doente. Isto poderá acarretar uma segunda ordem de consequências no que toca a ampliação da expectativa de vida, aumento do contingente populacional de idosos, idade mínima de aposentadoria, mudanças na aposentadoria, mudanças planos de saúde e seguro de vida [...] em relação ao meio ambiente

os impactos poderão ser no sentido de se estabelecer processos produtivos não poluidores e com isto uma série de tecnologias e plantas poluidoras poderão ser fechadas. (p. 16)

Frente ao exposto e amparados pela importância de se trabalhar a temática com alunos do Ensino Médio, apresentamos os caminhos trilhados por esta pesquisa no intuito de levantar as concepções de estudantes deste nível de ensino sobre nanotecnologia, a partir de seus desenhos, empregados como elemento de análise.

Percurso metodológico

Contexto da pesquisa

Os dados analisados neste artigo foram construídos em uma escola pública do Estado de Mato Grosso do Sul, no segundo semestre do ano de 2015. Participaram 99 estudantes do Ensino Médio, sendo 22 do 1º ano, 39 do 2º ano e 37 do 3º ano. Para analisar suas concepções quanto à Nanotecnologia, estes desenharam individualmente suas representações gráficas a respeito do tema. Para tanto, receberam uma folha com um espaço para o desenho e um espaço para a legenda para que, além de desenhar, apontassem explicitamente o que tiveram por intenção de representar com a ilustração.

Quanto ao uso de desenho em contexto de sala de aula

Optou-se por utilizar o desenho como instrumento de construção de dados, pois este se configura como linguagem não verbal, a qual pode revelar as visões de mundo dos estudantes. Além disso, esta linguagem ainda é pouco explorada no ensino de ciências (BAPTISTA, 2009). Assim, empregar as representações por meio de desenhos produzidos pelos estudantes configura-se como um instrumento metodológico capaz de atender aos objetivos da pesquisa uma vez que, de acordo com Derdyk (1989):

O desenho, linguagem para a arte e para a ciência, estimula a exploração do universo imaginário, é pensamento visual, adaptando-se a qualquer natureza do conhecimento, seja ele científico, artístico, poético ou funcional. A observação, a memória e a imaginação estarão sempre presentes. (p. 132)

O desenho caracteriza-se, portanto, como uma ponte que conecta o imaginário do jovem ao conhecimento produzido pela ciência e divulgado por diferentes canais, especialmente externos à escola. O trabalho com o imaginário convida o pesquisador a realizar, frequentemente, incursões a dimensões que, em geral, estão em contextos que não os da educação formal. O jovem é capaz de recriar o mundo conforme seu prisma de compreensão e cabe ao pesquisador buscar a essência de sua criatividade

para compreender sua “lógica” de representação gráfica, expressa sob a forma de desenho.

Nesta direção, buscou-se o entendimento do imaginário dos participantes sob a sua lógica, a partir das diferentes influências que os alcançam. Perceber o papel e o lugar dessas representações coloca-se como perspectiva para o trabalho com pesquisas em ensino de ciências, sobretudo no terreno da Nanotecnologia.

Quanto à metodologia de análise dos desenhos

Os desenhos produzidos pelos alunos foram analisados de acordo com os aspectos apresentados no Tabela 2, os quais foram pontos de partida para estabelecer as categorias do nosso trabalho. Para a análise dos desenhos foram adaptadas as

Tabela 2. Categorias para a análise dos desenhos sobre nanotecnologia produzidos por alunos do 1º, 2º e 3ºano do Ensino Médio.

| Objeto de análise | Categoria | Descrição |
|-------------------|--|---|
| Desenho | Representação de Aparelhos Eletrônicos | Representação de objetos eletrônicos do cotidiano das pessoas e de objetos com projeções tecnológicas futuras. |
| | Representação de átomos e moléculas | Representação de átomos e moléculas. |
| | Indicação de escala | Representação da escala nanométrica. |
| | Circuito eletrônico | Representação de chips, placa para computadores etc. |
| | Elementos biológicos | Representação de elementos da matéria viva como células e sangue. |
| | Elementos relacionados à tecnologia espacial | Representação de satélites, foguetes ou demais materiais relacionados à tecnologia espacial. |
| | Robô | Representação de robôs ou aparatos robóticos. |
| | Presença humana em uma escala macro | Presença de pessoas interagindo com aparatos tecnológicos que trazem aspectos da nanotecnologia, em âmbito macro. |
| | Desenhos não identificáveis | Desenhos que não apresentam relação com a proposta da atividade. |
| Legenda | Sem legenda | Nenhum tipo de texto. |
| | Nominativa | Palavras que nominam os desenhos. |
| | Relações | Descrição das relações entre os elementos do desenho ou explicam o desenho. |
| | Definição da nanotecnologia | Apresentação da definição de nanotecnologia |

categorias apresentadas por Chagas e colaboradores (2010), utilizadas para analisar desenhos de alunos quanto às suas percepções em museus: 1) presença de representação humana e 2) desenho não identificável. Quanto às categorias relacionadas a conceitos vinculados diretamente à temática da NT, foram construídas categorias a posteriori. Para a análise da legenda dos desenhos foram adaptadas as categorias estabelecidas por Perales e Jiménez (2002) para a análise de ilustrações em livros didáticos, configurando-se nas seguintes categorias: 1) sem legenda, 2) nominativa e 3) relações.

Um exemplo de como a análise foi realizada é apresentado na Figura 1, que ilustra o desenho realizado por estudante do 3º ano, bem como suas respectivas classificações. Cada figura e sua legenda foi associada a uma ou mais categorias de análise apresentadas na Tabela 2. Esta classificação baseou-se no trabalho individual de dois dos autores deste artigo os quais, após esta etapa, promoveram uma discussão conjunta até a obtenção de um consenso quanto às categorias pertinentes a cada figura e legenda. As análises de todos os desenhos seguem este mesmo formato.

Quanto à análise dos desenhos (Figura 1), o de número 1 foi classificado na categoria *circuito eletrônico*, os desenhos de número 2, 3 e 4 na categoria *representação de aparelhos eletrônicos*, e o

de número 4 na categoria *presença humana*. Com relação à análise da legenda a classificamos na categoria *relações*, pois o aluno apresenta a explicação de cada elemento e na categoria *definição nanotecnologia*, pois expressa a sua concepção de nanotecnologia “Nanotecnologia é isso: a revolução da tecnologia cada vez menor e eficiente” (Aluno A - 3º ano).

Resultados

Os resultados serão apresentados em dois enfoques; no primeiro serão descritas e discutidas as categorias identificadas de maior frequência sobre as concepções dos alunos sobre Nanotecnologia (Tabela 3). No segundo enfoque serão apresentadas as considerações do professor de Física quanto aos resultados das concepções de seus alunos sobre a Nanotecnologia.

Quanto à concepção dos alunos sobre Nanotecnologia a Tabela 3 mostra que, independentemente do ano escolar em que estudam os alunos no Ensino Médio, estes apresentam concepções muito próximas sobre o tema, por isso os dados serão analisados em conjunto. As categorias de maior destaque foram *circuito eletrônico*, *representação de aparelhos eletrônicos*, *representação de átomos e moléculas*, *indicação de escala* e *robôs* como pode ser observado na Nuvem de Tags da Figura 2.

Figura 1. Desenho e legenda escrita pelo aluno A do 3º ano do Ensino Médio representando sua concepção de nanotecnologia.

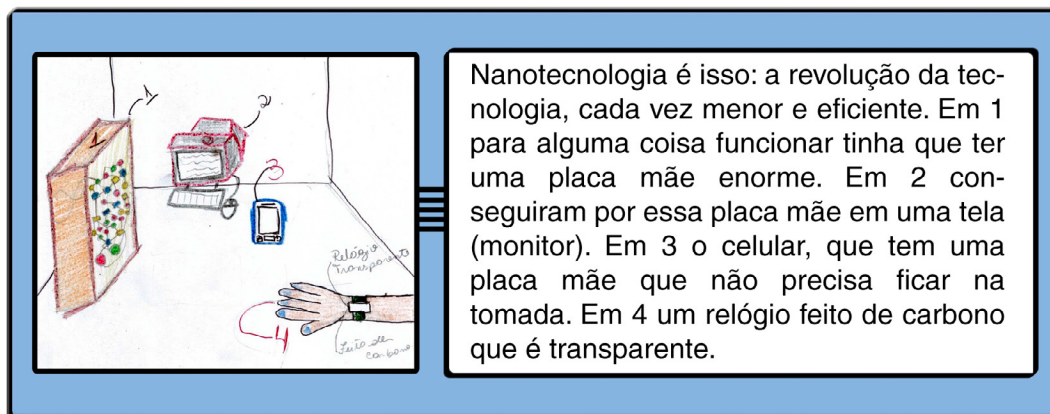


Tabela 3. Frequência da categorização das concepções dos alunos representadas nos desenhos sobre nanotecnologia.

| Objeto de análise | Categorias | Frequência das Citações | | |
|-------------------|--|-------------------------|--------|--------|
| | | 1º ano | 2º ano | 3º ano |
| DESENHO | Representação de Aparelhos Eletrônicos | 16 | 11 | 25 |
| | Representação de átomos e moléculas | 1 | 6 | 8 |
| | Indicação de escala | 2 | 7 | 5 |
| | Circuito eletrônico | 14 | 23 | 16 |
| | Elementos biológicos | 3 | 1 | 1 |
| | Elementos relacionados à tecnologia espacial | | 1 | |
| | Robô | | 4 | 8 |
| | Presença humana em uma escala macro | | 4 | 3 |
| | Desenhos não identificáveis | | 1 | |
| LEGENDA | Nominativa | 9 | 11 | 4 |
| | Relações | 13 | 28 | 33 |
| | Definição nanotecnologia | 1 | 3 | 3 |
| | Sem legenda | | 1 | |

Os desenhos para a categoria *circuito eletrônico* tiveram uma frequência de 54,1% do total de alunos. Neles os alunos indicaram que devido à nanotecnologia foi possível a produção de chips menores e mais eficientes, o que possibilitou o avanço da tecnologia. Exemplo desta categoria pode ser observado na Figura 3.

Os desenhos para a categoria *representação de aparelhos eletrônicos* tiveram uma frequência de 53,1% do total de alunos e, destes, 51,9% estavam representados por celulares e computadores. Resultado semelhante foi identificado por Rossato, Granada e Fagan (2011) os quais, ao questionarem alunos do Ensino Médio quanto a equipamentos que se beneficiam da NC e da NT, encontraram que a maioria considera os celulares e computadores.

Exemplo desta categoria pode ser observado nos desenhos das Figuras 4 e 5. Na Figura 4, o aluno desenhou dois celulares, um que caracterizou como antigo e outro moderno, em que atribui esta mudança ao uso da tecnologia nos chips, os quais se tornaram menores e mais eficientes. Já no desenho



Figura 2. Nuvem de tags representando a frequência das categorias com relação às concepções dos alunos do 1º, 2º e 3º ano do Ensino Médio sobre nanotecnologia.

da Figura 5, o aluno apresenta vários aparelhos eletrônicos como rádio, telefone e celular e pela legenda aponta que representou a tecnologia utilizada em aparelhos pequenos. Quanto a este aspecto, Rossato, Granada e Fagan (2011) também identificaram que seus alunos do ensino médio relacionam equipamentos eletrônicos cada vez menores devido a avanços tecnológicos, tendo atribuído estes avanços à Nanotecnologia.

Observa-se nos exemplos citados uma tendência dos alunos em considerar que a Nanotecnologia está relacionada ao tamanho dos objetos, o que tem uma essência na percepção visual de mundo, uma vez que dimensões nanométricas não são percebidas de forma direta em nosso cotidiano, apesar de se fazer presente.

Ainda na categoria de *representação de aparelhos eletrônicos*, identificamos a apresentação de aparatos beneficiados pela nanotecnologia, gerando utilizações até o momento não frequentes ou inexistentes na sociedade. Resultados semelhantes são apresentados em Leite e colaboradores (2013), que identificaram em estudantes de Ensino Médio do estado de São Paulo a concepção de nanotecnologia como o desenvolvimento e aprimoramento de materiais em escalas nanométricas. Exemplo desta categoria pode ser observado no desenho da Figura 6, em que o aluno considerou que devido à nanotecnologia será possível criar um micro projetor portátil o qual poderia ser transportado e utilizado facilmente.

Também foram identificadas concepções dos alunos relacionando a nanotecnologia a átomos e moléculas. Como pode ser observado na Figura 7 em que o aluno desenhou a ideia que detém do modelo do átomo.

Quanto a este aspecto, é interessante notar que para esta associação o aluno deixa de lado a percepção de suas experiências sensoriais rejeitando aspectos visuais e conectando-se a um pensamento abstrato do saber científico. Desta forma, expressa um viés de mudança radical da percepção que tem do conhecimento cotidiano e perceptível.

A categoria *indicação de escala* teve uma frequência de 14,3% e nela estão inseridas os desenhos que apresentaram a Nanotecnologia como o estudo de materiais em escala nanométrica, como pode ser observado no desenho da Figura 8. Tal concepção encontra apoio em trabalhos da área que definem a Nanotecnologia como sendo

à manipulação da matéria em escala nanométrica (10⁻⁹ m) (Toma, 2004).

A categoria *robô* presente em 12,2% dos desenhos está relacionada à criação de robôs, como pode ser observado no exemplo da Figura 9. Neste caso, o aluno apresentou possíveis funções da nanotecnologia como a criação de nanorobôs autônomos que colaboram para diferentes áreas, como a biológica e a produção de aeronaves.

Observa-se que, com relação aos benefícios da nanotecnologia, os desenhos em sua maioria consideram o desenvolvimento de aparelhos eletrônicos (como celulares) a grande contribuição. Uma parcela menor de alunos apresenta que a nanotecnologia pode desenvolver dispositivos, como mini-robôs, que podem contribuir com a medicina, melhorando a qualidade de vida da população. De todos os trabalhos apenas um aluno (Figura 10) apresenta uma preocupação com relação ao futuro da nanotecnologia e se no futuro trará somente benefícios para a sociedade.

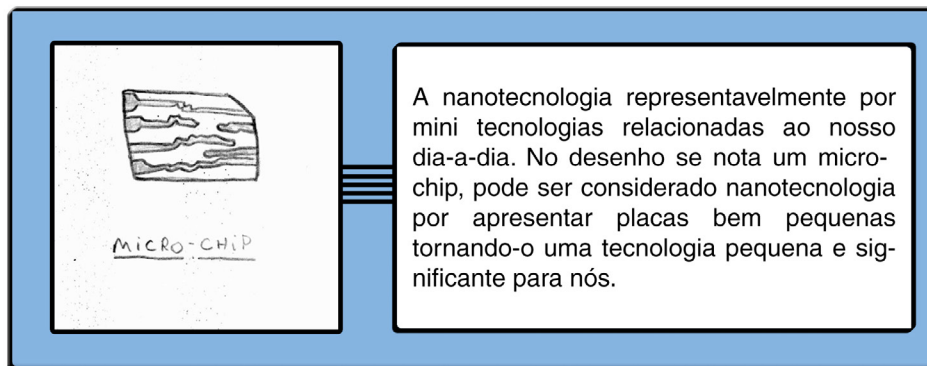


Figura 3. Desenho e legenda representando a concepção de nanotecnologia pelo aluno B do 2º ano do Ensino Médio.

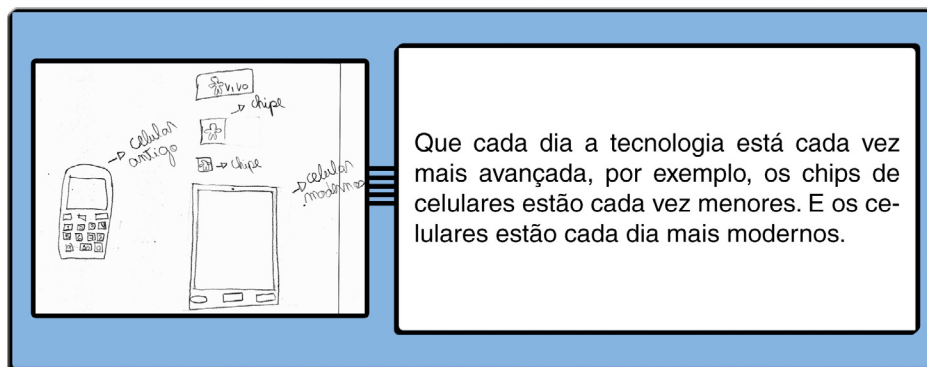
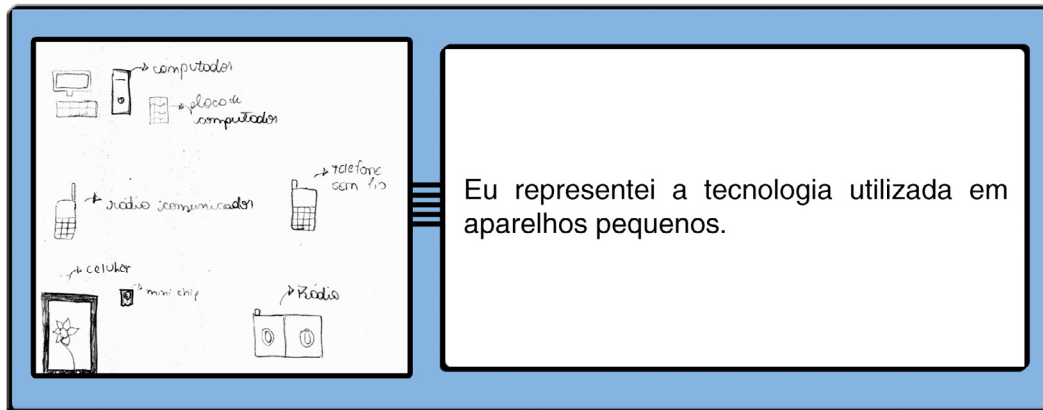
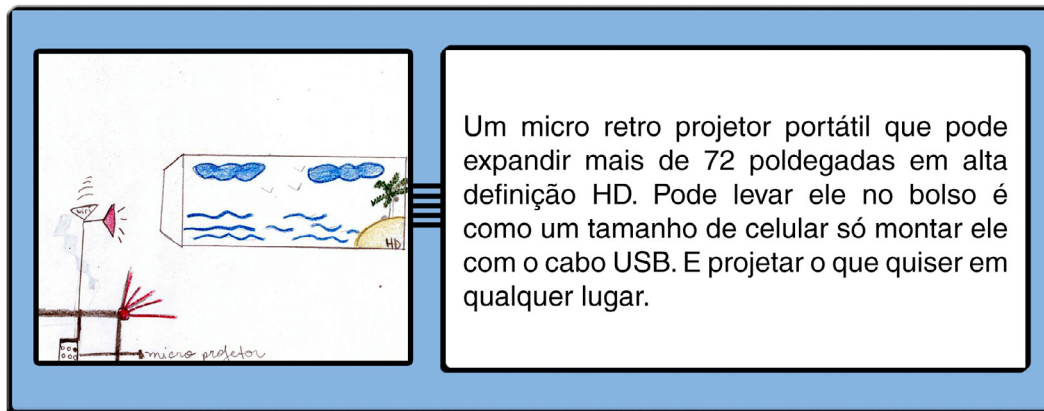


Figura 4. Desenho e legenda representando a concepção de nanotecnologia pelo aluno C do 3º ano do Ensino Médio.



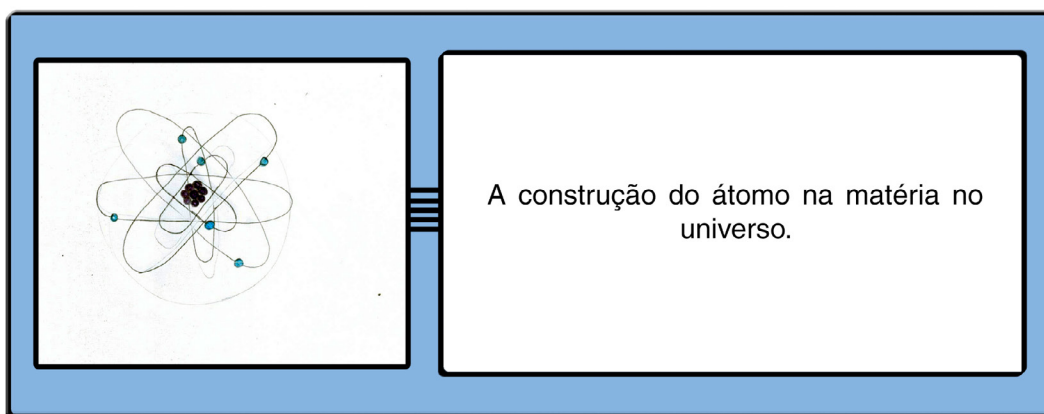
Eu representei a tecnologia utilizada em aparelhos pequenos.

Figura 5. Desenho e legenda representando a concepção de nanotecnologia pelo aluno D do 3º ano do Ensino Médio.



Um micro retro projetor portátil que pode expandir mais de 72 polegadas em alta definição HD. Pode levar ele no bolso é como um tamanho de celular só montar ele com o cabo USB. E projetar o que quiser em qualquer lugar.

Figura 6. Desenho e legenda representando a concepção de nanotecnologia pelo aluno E 3º ano do Ensino Médio.



A construção do átomo na matéria no universo.

Figura 7. Desenho e legenda representando a concepção de nanotecnologia pelo aluno F do 2º ano do Ensino Médio.

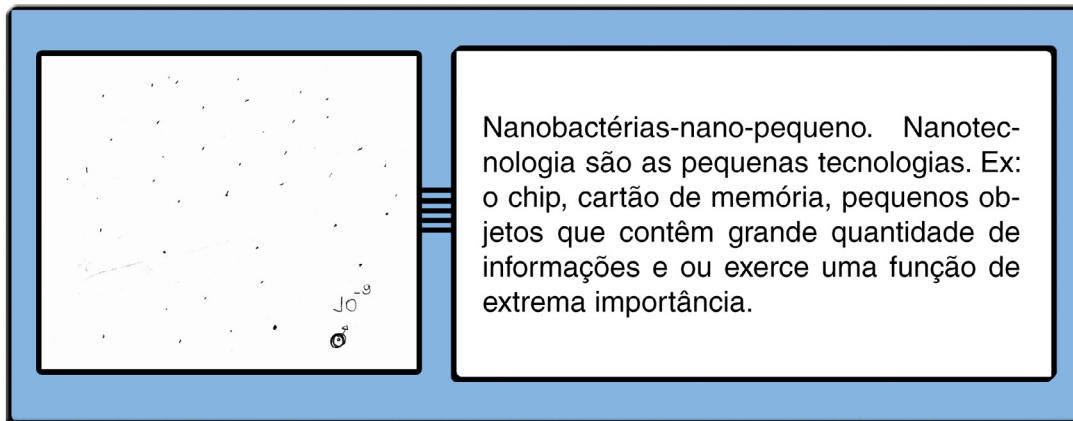


Figura 8. Desenho e legenda representando a concepção de nanotecnologia pelo aluno G do 1º ano do Ensino Médio.

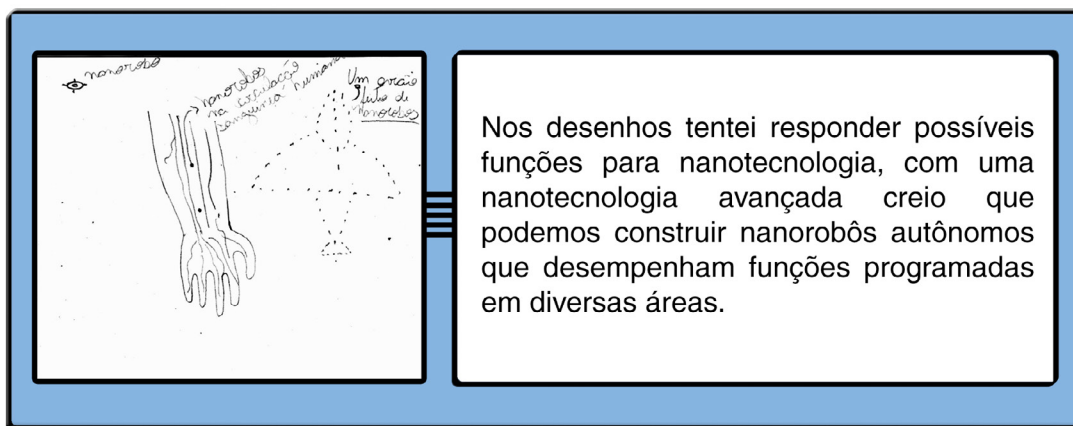


Figura 9. Desenho e legenda representando a concepção de nanotecnologia pelo aluno H do 2º ano do Ensino Médio.

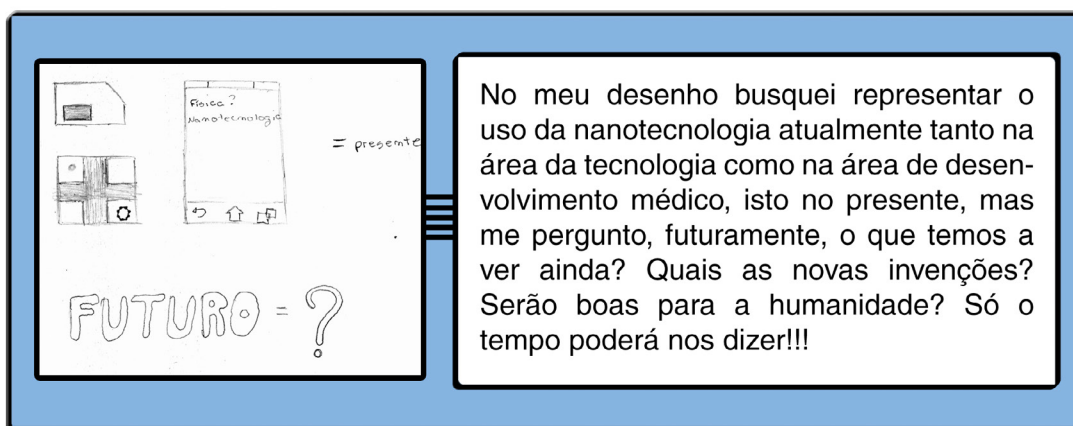


Figura 10. Desenho e legenda representando a concepção de nanotecnologia pelo aluno I do 3º ano do Ensino Médio.

Este aspecto vai ao encontro do que é expresso por Martins (2004) que defende a nanotecnologia com influências diretas em questões econômicas, sociais e tecnológicas de nossa sociedade. Por outro lado, também chama a atenção para a outra vertente da questão, ou seja, os aspectos que podem ser negativos quanto a este avanço:

Da nanotecnologia também espera-se grandes impactos diretos na qualidade de vida das pessoas. [...] Mas também haverá iniquidades no que toca a esta mesma área da saúde humana. Quem tiver acesso (ricos) aos nano medicamentos poderão ter sua vida prolongada e com boa qualidade. Aqueles que não tiverem acesso (os pobres) mais uma vez estarão submetidos à lógica de reprodução de capital das “indústrias da vida”, agora de base nano biotecnológica, em que o seu produto deve ser comercializado sob patente, de tal forma a assegurar a reprodução ampliada do capital das empresas que vierem a produzir estes remédios. (Martins, 2004, p. 16)

Analisando as legendas identificamos que, embora não tenha sido solicitado aos alunos definirem a nanotecnologia, 8 alunos a explicitaram claramente, como pode ser observado na transcrição a seguir da legenda: “Nanotecnologia são as pequenas tecnologias” (Aluno G, 1º ano). As demais definições apresentadas corroboram da mesma ideia de que a Nanotecnologia é a tecnologia, o estudo das pequenas coisas.

Ao final da análise e discussão dos dados, agendamos uma entrevista semiestruturada com a professora dos alunos participantes desta pesquisa, de modo a investigar a visão dela sobre sua própria prática docente quanto ao tema de Nanotecnologia e sua experiência pessoal quanto à temática. A professora indicou que nunca trabalhou o tema com os alunos em suas aulas e atribui que o conhecimento que eles possuem deve ser oriundo dos meios de comunicação.

A justificativa para não haver abordado esta temática em suas aulas repousa no fato de que, embora tenha se formado no ano de 2012 em um curso de

Licenciatura em Física de uma universidade pública, possui apenas informações superficiais sobre o tema. Esta falta de conhecimento a faz sentir-se insegura em abordar a Nanotecnologia em sala de aula. Esta constatação encontra paralelo com os achados de Alfonso (2011), o qual explicita que no Ensino Médio “não há registro de abordagem sistemática de temas de Nanociência e Nanotecnologia” (p. 26), apesar de produções que discutem suas potencialidades.

No entanto, a docente aponta que seria interessante que os alunos tivessem conhecimento sobre o tema, pois assim possivelmente poderiam entender melhor as relações entre ciência, tecnologia e sociedade. Além disso, aponta elementos que poderiam contribuir para melhorar sua base de conhecimento como docente, para conseguir abordar esta temática.

Considerações Finais

As concepções dos alunos, em sua maioria, sobre Nanotecnologia permeavam um conhecimento desta área como relacionada a aparelhos eletrônicos e circuitos eletrônicos. Apenas uma pequena parcela dos alunos apresentou uma relação da Nanotecnologia com, por exemplo, átomos e moléculas e fez uma relação desta área do conhecimento com escala de tamanho. Identificamos também que não houve diferença significativa das concepções dos alunos com relação à série do ensino médio que cursa.

Entende-se que o trabalho com a temática Nanotecnologia por meio de desenhos se mostrou eficaz e com grande potencial educacional para trabalhar o assunto no Ensino Médio, corroborando com estudos de Peres (1993) realizados há mais de duas décadas. Com tal ação conseguimos extrair as concepções que os alunos traziam sobre o tema e as relações que fazem entre seu cotidiano e a Nanotecnologia. Ademais, acrescenta-se que este é um recurso didático pouco utilizado (talvez não) em salas de aula para abordagens com conceitos científicos. Este fato é corroborado pela pesquisa de Jesus e Higa (2014) a qual, a partir de uma revisão bibliográfica sobre a temática, concluiu que os três recursos e estratégias de ensino mais abordados

para trabalhar a temática Nanotecnologia no Ensino Médio são vídeos, debates e a leitura de textos de divulgação científica. Acrescentam-se ainda as colocações de Costa e colaboradores (2006) e de Baptista (2009):

Em termos de linguagem gráfica, onde o desenho está inserido, podemos dizer que o seu uso em disciplinas do ensino médio como instrumento decodificador de linguagens, principalmente de disciplinas das ciências, é pouco difundido. (Costa et. al., 2006, p. 186-7)

[...] O presente estudo aponta para a importância e a necessidade de se aprofundar mais as pesquisas voltadas para a utilização por parte dos professores de variados caminhos para investigação dos conhecimentos que são trazidos pelos estudantes para as salas de aula de ciências, dentre eles os desenhos como exemplo de linguagem não verbal. (Baptista 2009, p. 11)

Embora sejam necessários estudos de outra ordem que permitam estabelecer relações sobre a inserção da NC e NT em sala de aula com a atuação dos professores, os resultados aqui apresentados nos permitem inferir que um dos fatores que dificulta o trabalho do professor com esta temática é seu despreparo. A professora explicitou claramente que não aborda esta temática em sala de aula pois sente-se insegura, já que em sua formação inicial NC e NT não foram trabalhadas em profundidade. Assim podemos inferir a necessidade de que os cursos de formação inicial e continuada de professores abordem esta temática, na busca de preparar os professores para ações desta natureza.

Referências

- ALFONSO, A. B. Situação atual da divulgação e do treinamento em nanociência e nanotecnologia no Brasil. **Mundo Nano**, v. 4, n.º 2, 22-28, 2011.
- ALFORD, K. CALATI, F., CLARKE, A., BINKS, P. N. Creating a Spark for Australian Science Through Integrated Nanotechnology Studies at St. Helena. **Journal of Nano Education**, v. 1, n.º 1, 68-74, 2009.
- BAPTISTA, G. C. S. Os desenhos como instrumento para investigação dos conhecimentos prévios no ensino de ciências: um estudo de caso. In: **VII Encontro Nacional de Pesquisa em Ensino de Ciências**. Florianópolis, Brasil. 2009.
- BRASIL. Sociedade Brasileira de Física (SBF). Encontros do Ensino de Física na Sociedade Contemporânea. In: **XXI Simpósio Nacional de Ensino de Física – SNEF**. Uberlândia, Brasil. 2015. Disponível em: <<http://www.sbfisica.org.br/~snef/xxi/>>.
- CHAGAS, M. S., STUDART, D. C., VIEIRA, A. C. M., FARIA, A. C. G., AMARAL, A. L., COSTA, P. N., SOARES, N. F. Museus e Público Jovem: percepções e receptividades. **Revista Eletrônica do Programa de Pós-Graduação em Museologia e Patrimônio**, v. 3, n.º 1, 49-66, 2010.
- COSTA, M. A. F. da; COSTA, M. F. B. da; LIMA, M. C. A. B. LEITE, S. Q. M. O desenho como estratégia pedagógica no ensino de ciências: o caso da biossegurança. **Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias**, v. 5, n.º 1, 2006.
- DERDYK, E. **Formas de Pensar o desenho: desenvolvimento do grafismo infantil**. São Paulo, Brasil, 1989.
- ESTADOS UNIDOS DA AMÉRICA. National Nanotechnology Initiative. Education Training. Disponível em <<http://www.nano.gov/education-training>>. Acessado em 9 Ago. 2016.
- HASMY, A. Formación y divulgación de la nanotecnología en Venezuela: situación y perspectiva. **Mundo Nano**, v. 4, n.º 2, 72-82, 2011.
- JESUS, I. P., HIGA, I. Nanotecnologia e Ensino Médio: Uma revisão bibliográfica sobre propostas didáticas. In: **IV Simpósio Nacional de Ensino de Ciências e Tecnologia**. Ponta Grossa, Brasil. 2014.
- LEITE, I. S., LOURENÇO, A. B., LICIO, J. G., HERNANDES, A. C. Uso do método cooperativo de aprendizagem Jigsaw adaptado ao ensino de nanociência e nanotecnologia. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 35, n.º 4, 4504/1 – 4504/7, 2013.

- LEONEL, A. A. **Nanociência e Nanotecnologia: uma proposta de ilha interdisciplinar de racionalidade para o Ensino de Física Moderna e Contemporânea no Ensino Médio**. 163 f. Mestrado em Educação Científica e Tecnológica. Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, Brasil, 2010. Disponível em: <<https://repositorio.ufsc.br/bitstream/handle/123456789/94571/276442.pdf?sequence=1&isAllowed=y>>. Acessado em 9 Ago. 2016.
- MARTINS, P. R. Nanotecnologia, Sociedade e Meio Ambiente no Brasil: Perspectivas e Desafios. In: **II Encontro Nacional da Associação Nacional de Pós-Graduação e Pesquisa em Ambiente e Sociedade**. Indaiatuba, Brasil. 2004.
- MEYYAPPAN, M. Nanotechnology education and training. **Journal of Materials Education**, Ciudad, v. 26, n.º 3-4, 311-320, 2004.
- OSTERMANN, F., FERREIRA, L. M., CAVALCANTI, C. J. H. Tópicos de Física Contemporânea do Ensino Médio: um texto para professores sobre supercondutividade. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 20, n.º 3, 270-288, 1998.
- PERALES, F. J., JIMÉNEZ, J. D. Las ilustraciones en la enseñanza-aprendizaje de las ciencias. análisis de libros de texto. **Enseñanza de las Ciencias**, v. 20, n.º 3, 369-386, 2002.
- PERES, M. R. **O desenho no Ensino de Ciências – investigando possibilidades metodológicas**. Dissertação de Mestrado. Faculdade de Educação, Universidade Estadual de Campinas, 1993. Disponível em: <http://www.educadores.diaa-dia.pr.gov.br/arquivos/File/2010/artigos_teses/Ciencias/Dissertacoes/Peres.pdf>. Acesso em 23 de Set. de 2016.
- PLENTZ, F., FAZZIO, A. Considerações sobre o Programa Brasileiro de Nanotecnologia. **Ciência e Cultura**, v. 65, n.º 3, 2013.
- ROCO, M. C., MIRKIN, C. A., HERSAM, M. C. Nanotechnology research directions for societal needs in 2020: summary of international study. **Journal of Nanoparticles Research**, v. 13, 897-919, 2011.
- ROSSATO, J., GRANADA, M. A., FAGAN, S. B. Análise investigativa da percepção de alunos do ensino médio a respeito do tema nanociência e nanotecnologia. In: **XIX Simpósio Nacional de Ensino de Física – SNEF**. Manaus, Brasil. 2011.
- SCHULZ, P. A. B. Nanociência de baixo custo em casa e na escola. **Física na Escola**, v. 8, n.º 1, 4-9, 2007.
- SERENA, P. A., TUTOR, J. D. La divulgación y la formación de la nanociencia y la nanotecnología en España: un largo camino por delante. **Mundo Nano**, v. 4, n.º 2, 48-58, 2011.
- SHAW, D. T. An introductory course on nanotechnology to Foster creativity and entrepreneurial thinking. In: **International Conference on Engineering Education**. Oslo, Noruega. 2001.
- TOMA, H. E. **O Mundo Nanométrico, a Dimensão do Novo Século**. São Paulo, Brasil, 2004.
- UDDINI, M., CHOWDHURY, A. R. Integration of Nanotechnology into the Undergraduate Engineering Curriculum. In: **INTERNATIONAL CONFERENCE ON ENGINEERING EDUCATION**, Oslo, Noruega. 2001.
- 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**. Vitória, Brasil. 2009.

