



**UNIVERSIDADE DO SUL DE SANTA CATARINA**  
**YURI BARREIROS**

**EDUCAÇÃO EM NANOCIÊNCIA E NANOTECNOLOGIA:  
UMA ABORDAGEM CONTEXTUALIZADA NO ENSINO DE QUÍMICA**

**Tubarão**  
**2018**



**UNIVERSIDADE DO SUL DE SANTA CATARINA**

**YURI BARREIROS**

**EDUCAÇÃO EM NANOCIÊNCIA E NANOTECNOLOGIA:  
UMA ABORDAGEM CONTEXTUALIZADA NO ENSINO DE QUÍMICA**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Graduação em Química Licenciatura da Universidade do Sul de Santa Catarina como requisito parcial à obtenção do título de Licenciado em Química.

Prof<sup>ª</sup>. Lic. Suzana Cimara Batista, Dra (Orientadora)

Prof. Lic. Gilson Rocha Reynaldo, Dr. (Coorientador)

Tubarão

2018

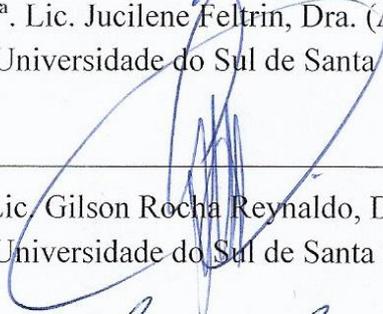
**YURI BARREIROS**

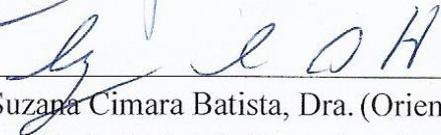
**EDUCAÇÃO EM NANOCIÊNCIA E NANOTECNOLOGIA:  
UMA ABORDAGEM CONTEXTUALIZADA NO ENSINO DE QUÍMICA**

Este Trabalho de Conclusão de Curso foi julgado adequado à obtenção do título de Licenciado em Química e aprovado em sua forma final pelo Curso de Química Licenciatura da Universidade do Sul de Santa Catarina.

Tubarão, 27 de novembro de 2018.

  
\_\_\_\_\_  
Profª. Lic. Jucilene Feltrin, Dra. (Avaliadora)  
Universidade do Sul de Santa Catarina

  
\_\_\_\_\_  
Prof. Lic. Gilson Rocha Reynaldo, Dr. (Coorientador)  
Universidade do Sul de Santa Catarina

  
\_\_\_\_\_  
Profª. Lic. Suzana Cimara Batista, Dra. (Orientadora)  
Universidade do Sul de Santa Catarina

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço a Prof.<sup>a</sup> Suzana Cimara Batista e ao Prof. Gilson Rocha Reynaldo da Universidade do Sul de Santa Catarina pela orientação, disponibilidade e resolução dos problemas.

A Escola de Educação Básica Senador Francisco Benjamim Gallotti pela disponibilidade do espaço físico para realização da pesquisa.

A todos aqueles que de alguma forma me auxiliaram e que não farei disposição nesse trabalho, o meu muito obrigado.

## RESUMO

A nanociência e nanotecnologia são o estudo e aplicação de coisas extremamente pequenas, que envolvem manipular e controlar átomos e moléculas individuais para criar novos materiais. É um campo multidisciplinar que engloba diferentes áreas da ciência, como química, biologia, física, ciência dos materiais e engenharia, entre outras. O campo emergente da nanociência e nanotecnologia está se tornando cada vez mais popular todos os dias. O seu progresso da ciência é muito importante para a economia e melhoria na qualidade de vida da sociedade e, portanto, a nanociência deve ser incluída como parte sólida do currículo educacional para incutir e despertar a curiosidade dos alunos em aprender sobre o que é e o que ocupará de forma mais dominante na sociedade. O grande desafio é como incorporar a nanociência e nanotecnologia nos currículos escolares já existentes, bem como a falta do conhecimento científico por parte dos professores. Diante disso, neste trabalho foi proposto sugestões de sequências didáticas fáceis de serem aplicadas, nas quais incluem tópicos relacionados à nanociência e nanotecnologia de forma contextualizada em conteúdos de química dentro dos currículos do ensino médio. Como forma de avaliar o papel das sequências didáticas, foi aplicado um questionário inicial antes da apresentação, e um final após a apresentação em uma turma do 1º ano do ensino médio de uma escola de rede pública localizada na cidade de Tubarão-SC. O objetivo dos questionários foi coletar dados para descrever de forma comparativa o desenvolvimento cognitivo antes e após a aplicação das sequências didáticas, bem como investigar o interesse dos estudantes sobre nanociência dentro do ensino médio. Os resultados da pesquisa mostraram uma aprendizagem significativa por parte dos alunos, bem como o interesse pela área de nanociência e nanotecnologia, o que torna as sequências didáticas positivas para aplicação em determinados conteúdos de química.

Palavras-chave: Nanociência; nanotecnologia; educação.

## ABSTRACT

Nanoscience and nanotechnology are the study and application of extremely small things, which involve manipulate and control individual atoms and molecules to create new materials. It is a multidisciplinary field that encompasses different areas of science, such as chemistry, biology, physics, materials science and engineering, among others. The emerging field of nanoscience and nanotechnology is becoming popular gradually every day. Their progress in science is very important to the economy and improvement in the quality of life of society and therefore nanoscience should be included as a solid concept on the educational curriculum to instill and excite students' curiosity in learning about what is and what which will occupy the form more dominant in society. The major challenge is how to incorporate nanoscience and nanotechnology into existing school curriculum, as well as the lack of scientific knowledge of a percentage of teachers. In this paper, it is proposed suggestions of easy-to-apply didactic sequences, which include topics related to nanoscience and nanotechnology in a contextualized way in chemistry contents within high school curriculum. As a way of to evaluate the role of didactic sequences, an initial survey was applied before and after the presentation in a class of the first year of high school of a public school located in the city of Tubarão-SC. The aim of the surveys was to collect data to describe in a comparative way the cognitive development before and after the application of didactic sequences, as well as to investigate interest of students in the nanoscience in high school. The results of the research showed significant student learning as well as interest in the area of nanoscience and nanotechnology, which makes the didactic sequences affirmative for application in certain chemistry contents.

Keywords: Nanoscience ; nanotechnolog ; education.

**LISTA DE FIGURAS**

Figura 1 - Algumas aplicações da nanotecnologia. ....	14
Figura 2 - Alguns campos da ciência relacionadas a nanotecnologia.....	16
Figura 3 - Diagrama de escala. ....	27
Figura 4 - Cartas de diferentes objetos.....	28
Figura 5 - Cartas de diferentes objetos.....	29
Figura 6 - Cartas de diferentes escalas.....	30
Figura 7 - Estrutura química do alginato de sódio.....	35
Figura 8 - Reações química ocorridas no experimento; (1) Ionização do alginato de sódio; (2) Dissociação do cloreto de sódio; (3) Formação das microcápsulas por meio da ligação iônica. ....	36
Figura 9 - Representação esquemática do experimento.....	37
Figura 10 - Microcápsulas de alginato de sódio contendo corante alimentício. ....	38
Figura 11 - Imagens de exemplos de nanoencapsulamento; (1) Nanocápsulas de vitamina D em óleo de peixe analisadas no TEM, (2) nanocápsulas de óleo de rosa em quitosana. ....	38
Figura 12 - Reação entre antiácido efervescente e água em duas situações diferentes: no primeiro copo, o antiácido está em pó e, no segundo, está em comprimido.....	41
Figura 13 - Modelo didático de área superficial em cubos de isopor.....	42

## LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 - Publicação de artigos científicos dos países líderes em desenvolvimento nanotecnológico.....	13
Gráfico 2 - Indicativo do conhecimento sobre o tamanho nanométrico (Questionário Inicial). .....	44
Gráfico 3 - Indicativo do conhecimento de áreas relacionadas à nanotecnologia (Questionário Inicial). .....	45
Gráfico 4 - Indicativo do conhecimento sobre a nanociência no dia a dia (Questionário Inicial). .....	46
Gráfico 5 - Indicativo do conhecimento sobre produtos relacionados a nanotecnologia (Questionário Inicial). .....	46
Gráfico 6 - Indicativo do conhecimento sobre as vantagens da nanotecnologia (Questionário Inicial). .....	47
Gráfico 7 - Indicativo do conhecimento sobre o tamanho nanométrico (Questionário Final). .....	48
Gráfico 8 - Indicativo do conhecimento de áreas relacionadas à nanotecnologia (Questionário Final). .....	49
Gráfico 9 - Indicativo do conhecimento sobre produtos relacionados a nanotecnologia (Questionário Final). .....	49
Gráfico 10 - Indicativo do conhecimento sobre a nanociência no dia a dia (Questionário Final). .....	50
Gráfico 11 - Indicativo do conhecimento sobre as vantagens da nanotecnologia (Questionário Final). .....	50

**LISTA DE TABELAS**

Tabela 1 - Respostas da atividade 1.....	31
Tabela 2 - Valores aproximados do comprimento de cada corte.....	32

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO</b> .....	<b>10</b>
1.1 JUSTIFICATIVA.....	11
1.2 OBJETIVOS .....	12
<b>1.2.1 Objetivo Geral</b> .....	<b>12</b>
<b>1.2.2 Objetivos Específicos</b> .....	<b>12</b>
<b>2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA</b> .....	<b>13</b>
2.1 NANOCIÊNCIA E NANOTECNOLOGIA.....	13
2.2 EDUCAÇÃO EM NANOCIÊNCIA E NANOTECNOLOGIA.....	16
2.3 DESAFIOS DA EDUCAÇÃO EM NANOTECNOLOGIA.....	19
<b>3 METODOLOGIA DA PESQUISA</b> .....	<b>23</b>
3.1 RECURSOS EDUCACIONAIS .....	24
<b>3.1.1 Sequência Didática 1</b> .....	<b>24</b>
<b>3.1.2 Sequência Didática 2</b> .....	<b>33</b>
<b>3.1.3 Sequência Didática 3</b> .....	<b>39</b>
<b>4 RESULTADOS E DISCUSSÕES</b> .....	<b>44</b>
4.1 QUESTIONÁRIO INICIAL.....	44
4.2 QUESTIONÁRIO FINAL.....	47
<b>5 CONCLUSÃO</b> .....	<b>53</b>
<b>REFERÊNCIAS</b> .....	<b>54</b>
<b>APÊNDICE A - QUESTIONÁRIO INICIAL</b> .....	<b>58</b>
<b>APÊNDICE B - QUESTIONÁRIO FINAL</b> .....	<b>59</b>

## 1 INTRODUÇÃO

A nanociência e nanotecnologia é uma das áreas de mais rápido crescimento no mundo todo, levando a um grande impacto na economia global. (YAWSON, 2012). Cada vez o número de aplicações aumenta e mais presente a nanotecnologia encontra-se disponível no dia a dia da população. Substâncias em tamanhos nanométrica adquirem propriedades especiais com aplicações em diversos setores como alimentos, medicina, segurança e proteção, conversão de energia, cosméticos, entre outros setores. (BARUAH; DUTTA, 2009).

Devido ao rápido desenvolvimento nesta área a implementação da educação em nanotecnologia nas escolas tem sido um processo comum em diversos países. Os cientistas envolvidos com nanociência e nanotecnologia concordam que é necessário incluir esses conteúdos no currículo do ensino médio e fundamental não apenas como atividades dialogadas, mas como uma educação formal e bem estruturada para a construção do saber. (TRETTER, 2015; BLONDER; SAKHNINI, 2012).

Muitos conceitos relacionados à nanociência podem ser abstratos e difíceis para os alunos entenderem. Grande parte da dificuldade pode ser devido à falta de experiências diretas dos alunos com os fenômenos nessa escala. Um dos desafios da educação em nanotecnologia é em relação ao pensamento dos estudantes sobre a importância da nanoescala, como visualizar e em como unificar esta área a outros campos da ciência. (TRETTER, 2015).

Contudo, não só esta área vem enfrentando esses desafios, mas a educação científica em geral, pois os currículos estão sobrecarregados e pouco atrativos, nos quais diminuem o interesse do estudante. Uma maneira de contornar esses desafios tem sido através da contextualização do ensino em sala de aula. Por meio do contexto os alunos podem desenvolver o interesse pela ciência, com a intenção de tornar os conteúdos mais relevantes e significativos. (ELSTER, 2009; GILBERT, 2006).

Diante disso, neste trabalho foi desenvolvido sequências didáticas de ensino para alunos do ensino médio, de maneira a inserir conceitos e aplicações de nanotecnologia em determinados conteúdos de química a fim de demonstrar o quão pequeno é a escala nanométrica e qual a sua importância dentro da sociedade. A sequência de ensino foi implementada na turma do 1º ano do ensino médio da Escola de Educação Básica Senador Francisco Benjamim Gallotti localizada no bairro Oficinas/Tubarão-SC, onde avaliou-se o conhecimento antes e após a utilização das sequências didáticas por meio de questionários.

## 1.1 JUSTIFICATIVA

A nanociência e nanotecnologia é um campo de pesquisa multidisciplinar de crescente desenvolvimento. Embora existam diversas definições, esta área pode ser definida como a ciência que estuda a manipulação e fabricação de materiais em escala atômica e molecular.

A aplicação da nanotecnologia tem um enorme potencial para influenciar grandemente o mundo em que vivemos, pois diversos setores são afetados. Atualmente, diversas aplicações da nanotecnologia são utilizadas no nosso cotidiano, protetores solares, cosméticos, roupas, estofados, tintas, carrocerias de veículos e componentes de computador são alguns exemplos que utilizam nanotecnologias, porém muitas vezes sem o conhecimento do consumidor.

Devido ao rápido avanço da nanotecnologia, há a necessidade de atualizar os currículos existentes de ciências nas escolas, integrando conceitos e aplicações relacionados à nanotecnologia de forma contextualizada nos conteúdos de química que sejam relevantes e significativos de forma a aumentar o interesse do aluno pela ciência.

A educação em nanociência e nanotecnologia no ensino médio é necessária não apenas para aumentar o interesse dos alunos, mas também para construir a base de seus conhecimentos sobre as tecnologias presentes e futuras, e o uso de uma abordagem de aprendizagem baseada no contexto influencia o interesse dos alunos e aumenta sua motivação para estudar a ciência como algo que é visto como relevante para a vida.

Esta área é um campo muito importante, embora seja difícil discutir os conceitos e aplicações relacionados aos conteúdos de química para os alunos, pois visualizar os objetos em escala nanométrica e demonstrar seu impacto nas propriedades do material é um grande desafio. Dessa forma surge a necessidade de elaborar sequências didáticas utilizando métodos educativos para captar atenção e estimular o interesse do estudante, surgindo a pergunta: **Quais ferramentas e métodos didáticos podem ser utilizados para inserir a nanociência e nanotecnologia no ensino escolar de forma contextualizada nos conteúdos de química do ensino médio, para que os alunos aprendam significativamente e ainda criem interesse pela ciência?**

## 1.2 OBJETIVOS

### 1.2.1 Objetivo Geral

Contextualizar a nanociência e nanotecnologia no ensino de química por meio de ferramentas didáticas que contribuam na compreensão de conteúdos de química essenciais ligados a nanoescala bem como suas aplicações no cotidiano.

### 1.2.2 Objetivos Específicos

- Elaborar sequências didáticas conectando conteúdos de química a nanociência e nanotecnologia;
- Explorar o uso de possíveis ferramentas e modelos didáticos para o desenvolvimento do ensino;
- Propor uma ação docente para o ensino médio através de sequências didáticas que abordem a nanociência;
- Investigar o interesse e o desenvolvimento cognitivo dos alunos em relação aos conceitos de nanociência e nanotecnologia por meio de questionário;

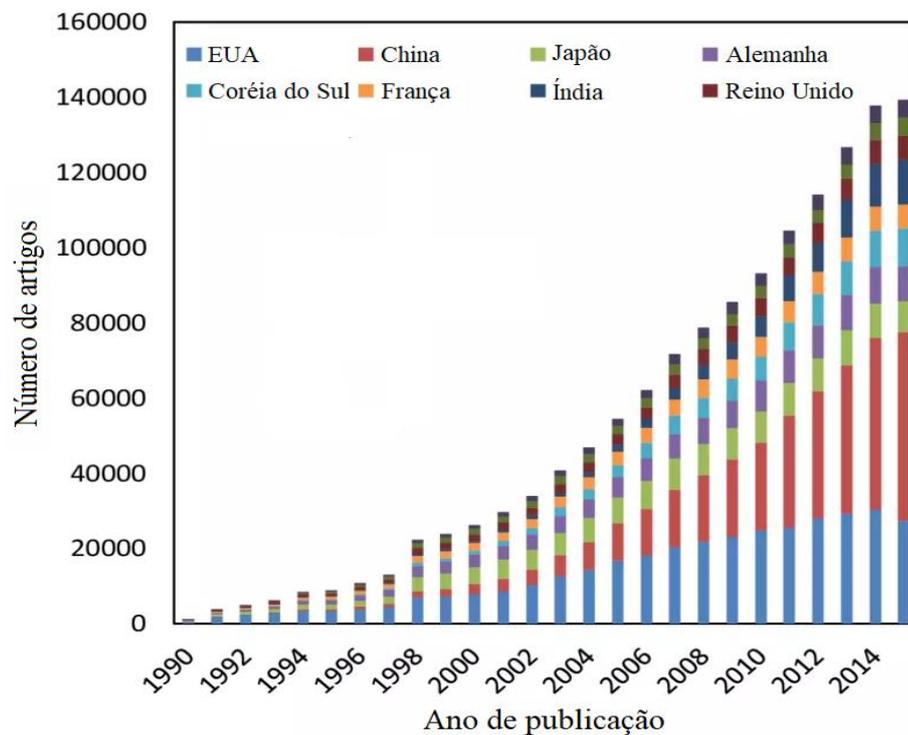
## 2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

### 2.1 NANOCIÊNCIA E NANOTECNOLOGIA

A nanociência é definida como o estudo dos fenômenos e manipulação de materiais em escalas atômicas, moleculares e macromoleculares na faixa de 1 a 100 nm aproximadamente. Enquanto a nanotecnologia é a aplicação desse conhecimento no desenvolvimento de novos materiais. (KEYVANI, 2007).

A nanotecnologia como campo multidisciplinar, tem atraído muitos pesquisadores para esta área de estudo. Isto fez crescer exponencialmente muitas pesquisas nas últimas décadas estimulando diversos campos científicos e tecnológicos conforme mostra o Gráfico 1.

Gráfico 1 - Publicação de artigos científicos dos países líderes em desenvolvimento nanotecnológico.

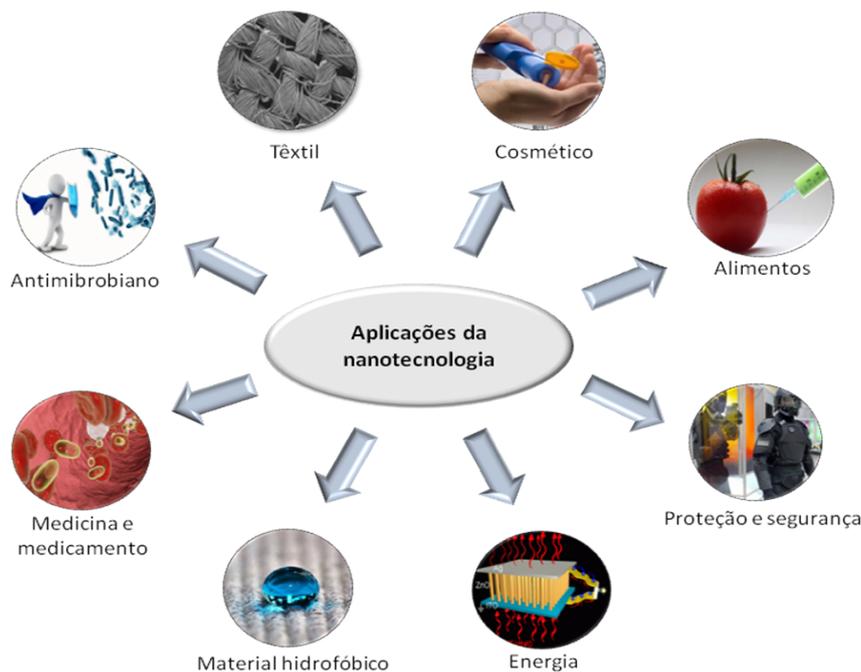


Fonte: Youtie et al. (2016).

Inúmeros são os produtos nanotecnológicos que aparecem a cada ano no mercado. Por exemplo, um estudo relatou que em 2005 havia 54 produtos com nanotecnologia no comércio, em 2010 havia 1241, e até 2015 havia 1423 produtos disponíveis para os consumidores. (VANCE et al., 2015).

Os produtos e substâncias desenvolvidas atuam em diversas aplicações, como por exemplo, entrega de medicamentos mais eficaz e eficiente (PETROS; DiSIMONE, 2010), tratamentos e medidas preventivas para doenças (PANYALA; PENA-MENDEZ; HAVEÇ, 2009), materiais mais resistentes (FALVO et al., 1997), eletrônica mais eficiente (STIX, 2001) e melhoria na qualidade dos alimentos. (DUNCAN, 2011).

Figura 1 - Algumas aplicações da nanotecnologia.



Fonte: do autor (2018).

A grande vantagem de trabalhar com substâncias tão pequenas, é que quando o tamanho da partícula é reduzido ao tamanho nanométrico, o material resultante exibe propriedades físicas e químicas que são significativamente diferentes das propriedades dos materiais de macroescala compostos da mesma substância.

Na nanoescala, surgem propriedades contra-intuitivas. Juntamente com propriedades extensivas, como massa, volume e área de superfície, as propriedades normalmente consideradas intensivas, como cor, condutividade, magnetização e dureza, mudam à medida que um objeto se torna pequeno e se aproxima da escala nanométrica. Existem numerosos exemplos desse fenômeno. A cor dos pontos quânticos semicondutores pode ser alterada continuamente, alterando apenas o tamanho da partícula. (REED, 1993). Se for pequena o suficiente, uma partícula magnética de ferro perderá completamente seu magnetismo. (MAJETICH; JIN, 1999). Nanopartículas de silício individuais entre 40 e 100

nanômetros de tamanho exibem dureza muito maior do que o silício a granel. (GERBERICH et al., 2003). Outro fato, é que na nanoescala a gravidade é relativamente sem importância, sendo desprezível pelo fato da massa dos objetos em tamanhos nanométrico serem muito pequenas. (MOTT, 2018).

A nanotecnologia tem sido descrita como a tecnologia definidora do século XXI e será a tecnologia potencial definidora da revolução industrial do futuro. Mas apesar de existir muitas aplicações, ainda é preciso ver se ela mudará a sociedade tão profundamente quanto a primeira revolução industrial. (HO; SCHEUFELE; CORLEY, 2010).

Particularmente em relação ao campo emergente da nanociência e nanotecnologia, há uma série de questões que necessitam de discussão e deliberação qualificadas, para que cientistas e engenheiros, se devidamente educados tanto nos aspectos técnicos como sociais do campo, possam fazer contribuições importantes. A nanociência pode levar a novas tecnologias médicas, mas não está claro como as nanopartículas afetam a saúde pública a curto e longo prazo. As nanotecnologias podem melhorar a produção de energia verde, mas é incerto como as nanopartículas influenciam os ambientes naturais. A nanoengenharia pode refinar o corpo humano, mas, ao mesmo tempo, há grandes dúvidas éticas e morais em fazê-lo. Em seus contextos de aplicação afetam a saúde, o meio ambiente, as condições de trabalho, a produção de alimentos, a agricultura, a produção industrial, as interações sociais, a aplicação da lei e várias outras áreas da vida, modelando significativamente a sociedade e os sistemas sociais. (JAMISON; MEJLGAARD, 2010).

Sendo assim, conforme esta área da ciência avança é necessário compreender que a nanotecnologia não apenas mudará a estrutura industrial, mas também afetará a maneira como as pessoas vivem. De acordo com Shelley (2006) a nanotecnologia é de fundamental importância, mas não apenas para o governo e o comércio, mas também para a educação escolar. Pois é a partir da educação que os alunos poderão construir a base para o conhecimento desenvolvendo uma visão crítica dos potenciais benefícios e riscos que essa tecnologia oferece, já que os alunos do ensino básico podem ser a principal força de trabalho para essa tecnologia.

## 2.2 EDUCAÇÃO EM NANOCIÊNCIA E NANOTECNOLOGIA

A ciência em nanoescala esta nos proporcionando uma compreensão e controle sem precedentes da matéria no nível mais fundamental, ou seja, a níveis atômicos e moleculares que são a base de todos os sistemas vivos e produtos feitos pelo homem. De fato, os mesmos princípios e fenômenos se aplicam na nanoescala em todas as disciplinas, levando a uma maior coerência em conhecimento, educação e tecnologia. No entanto, um dos "grandes desafios" para a nanotecnologia é a educação, que está surgindo como um obstáculo para o desenvolvimento do campo e, particularmente, para sua implementação. (ROCO, 2003).

Stevens, Sutherland e Krajcik (2009) argumentam que os estudantes precisam aprender conceitos essenciais da ciência em nanoescala para se capacitarem a atuar como cidadãos informados ou, até mesmo, para alguns deles, desenvolver o conhecimento e as habilidades da ciência e tecnologia apropriadas para se tornarem parte desse campo científico. Ainda, Stevens et al. (2009) sugeriram que essa questão da integração da nanotecnologia no currículo de ciências não é a de construir um assunto separado de padrões, mas sim uma questão de integrar os temas da nanotecnologia nos assuntos científicos existentes.

Se pararmos para analisar a nanotecnologia é verdadeiramente um campo multidisciplinar que inclui química, física, biologia, ciência dos materiais, engenharia e entre outras áreas, todos trabalhando de forma colaborativa para melhor compreender e aplicar o conhecimento de objetos que atendem à classificação da escala. (ERNST, 2009).

Figura 2 - Alguns campos da ciência relacionadas a nanotecnologia.



Fonte: do autor (2018).

No entanto, para o controle dessas disciplinas é necessário uma formação científica acadêmica e multidisciplinar, o que torna a educação multidisciplinar um dos desafios. (ROCO, 2003). Em geral, os alunos costumam ter dificuldades para entender os princípios científicos subjacentes que levam as propriedades únicas à nanoescala. (MUNIZ; OLIVER-HOYO, 2014). E, o que é mais importante, os professores também têm dificuldades em implementar material educativo de nanociência e nanotecnologia de alta qualidade para produzir uma compreensão profunda dos conceitos de nanociência. (GREENBERG, 2009).

O que podemos notar é que devido ao rápido desenvolvimento da nanotecnologia, os países desenvolvidos, em particular, enfatizaram a aprendizagem relacionados a nanotecnologia e nanociência para pós-graduados, alunos de graduação, alunos do ensino básico e público em geral. O objetivo é aumentar a especialização e popularizar a educação que promove a ciência contemporânea e incentiva o interesse dos estudantes pela nanotecnologia. (STEVENS; SURTHERLAND; KRAJCIK, 2009). Para algumas escolas e universidades da Europa e dos Estados Unidos, a educação em nanotecnologia já tornou-se prioridade na qual faz parte dos currículos escolares. (PLANINSIC; KOVAC, 2008).

Embora a maioria das práticas de educação em nanotecnologia esteja focada na graduação e pós-graduação, há um consenso sobre a necessidade de desenvolver propostas de ensino sobre nanociência com uma base sólida no ensino básico da ciência escolar o que não se tem atualmente, principalmente em física, química, biologia e matemática. (YAWSON, 2012; SULLIVAN et al., 2008; TUTOR-SANCHEZ, 2013). Também coincide com a necessidade de incorporar elementos das ciências aplicadas, como tecnologia de materiais, meio ambiente e medicina, entre outros. (SAKHNINI; BLONDER, 2016). Uma das principais vantagens de incluir nanociência e nanotecnologia nos atuais currículos do ensino básico é oferecer uma visão interdisciplinar dos cursos de física, química e biologia nos diferentes conceitos e aplicações da nanociência e nanotecnologia por meio de tópicos introdutórios, proporcionando uma visão mais abrangente desses cursos para os alunos, e, além disso, ajudar os alunos a desenvolver o interesse na ciência melhorando a alfabetização científica para todos. (QUIROLA et al., 2018).

Como as agências de política científica reconheceram a importância da nanotecnologia, tem havido um impulso em vários países para desenvolver programas educacionais para apoiar o ensino e a aprendizagem desse campo emergente.

Por exemplo, um programa de nanoeducação da escola secundária australiana incorporou atividades de nanociência e nanotecnologia com outras disciplinas. Este programa foi um curso eletivo de seis meses que foi desenvolvido em parceria com a indústria e adotou

uma abordagem integrada de ensino e aprendizagem. O programa foi construído em duas etapas para engajar os alunos: primeiro, focando em aplicações exemplificadas por nanotecnologias, e depois explorando a ciência básica subjacente que fornece conhecimento e compreensão. Os dados de avaliação mostraram que após o curso houve um aumento no número de alunos que optaram por continuar estudando ciências. Resultados semelhantes foram relatados para outros cursos de nanoeducação. (ALFORD et al., 2009).

Nos Estados Unidos, Kurtz, Anderson e Kar (2006) desenvolveram um programa piloto para introduzir a nanotecnologia na escola secundária de Utah. Este projeto teve como objetivo elaborar materiais didáticos de tal forma que as seções recentemente adicionadas sejam capazes de ajudar os alunos a se tornarem e permanecerem interessados em nanociência e nanotecnologia. Pode-se observar por meio desse programa que os assuntos isolados sobre nanotecnologia é de difícil compreensão para os alunos. No entanto, ao integrar esses assuntos em disciplinas de química e física percebeu-se um maior interesse por parte dos alunos, pois houve maior compreensão do assunto.

Harmer e Columba (2010) exploraram fatores que contribuíram para envolver alunos do ensino médio durante uma investigação baseada em problemas na qual a ciência em nanoescala foi introduzida e soluções baseadas em nanotecnologia foram discutidas. Eles aplicaram uma metodologia de pesquisa mista e usaram ferramentas quantitativas para avaliar o conhecimento dos alunos e ferramentas qualitativas para aprender sobre a dedicação dos alunos. Eles descobriram que o conhecimento dos alunos sobre medição, tamanho e aplicações de nanopartículas e o uso de elétrons no microscópio eletrônico de varredura aumentou. Os alunos estavam altamente envolvidos no assunto como resultado do programa. A avaliação do projeto indicou que aumentou a compreensão dos alunos sobre os conceitos básicos da nanotecnologia, aumentou sua compreensão dos conceitos básicos da ciência e apoiou o ensino e a aprendizagem baseados em investigação.

Algumas questões sobre educação em nanotecnologia para as escolas também podem ser encontradas em páginas da internet, com links interessantes sobre o assunto, artigos, curiosidades, demonstrações e experimentos que podem ser integrados de forma contextualizada a diferentes disciplinas de todos os níveis de ensino.

A Nanoyou (2010) é um projeto na Europa que visa aumentar o conhecimento básico da nanociência e nanotecnologia para jovens. Em sua página na internet é possível encontrar programas escolares, kits de treinamento e guia para os professores, além disso oferece oportunidade aos professores para trocarem informações práticas e aprender mais com seus colegas sobre como ensinar nanociência e nanotecnologia nas escolas.

Já o projeto NanoSense (2004-2008) foi desenvolvido nos Estados Unidos. Este projeto trabalhou com cientistas e educadores, onde criou, testou e divulgou unidades curriculares para ajudar professores do ensino médio e estudantes a compreenderem a nanociência e nanotecnologia. O projeto organizou workshops para apresentar aos professores os materiais e realizou reuniões de trabalho com especialistas e profissionais para identificar e esclarecer os principais conceitos e metas de aprendizagem para a educação em nanociência. Apesar desse projeto já ter sido concluído, em sua página da internet é possível encontrar todo material disponível.

Podemos perceber que essa integração da nanotecnologia nos currículos das ciências das escolas vem em resposta ao desenvolvimento nanocientífico e é a nossa missão como educadores estimular e despertar a curiosidade dos alunos em aprender. A introdução de nanociência e nanotecnologia nas escolas secundárias pode ser uma oportunidade para reformar amplamente a educação de ciência, tecnologia, engenharia, matemática, física entre outras áreas.

O século XXI parece estar abraçando o campo da nanotecnologia, no entanto, apesar dos sucessos, os educadores nas áreas de ciências apresentam desafios significativos que precisam ser superados para integrar a nanotecnologia nos currículos escolares e assim preparar uma força de trabalho instruída e uma geração responsável para tomar decisões cientificamente fundamentadas.

### 2.3 DESAFIOS DA EDUCAÇÃO EM NANOTECNOLOGIA

Como a infra-estrutura física para a educação em nanotecnologia ainda está em formação, existe alguns desafios para sua implementação no ensino. Para contornar esses desafios muitas tentativas têm sido estudadas para desenvolver currículos interdisciplinares que permitam os alunos e os professores entrar no campo da nanociência. Já foram introduzidos diferentes currículos, programas e modelos de curso para tentar alcançar as metas educacionais a fim de obter um tema unificado coerente. (SRINIVAS, 2014).

Uma das principais dificuldades para implementar a nanociência e nanotecnologia está relacionada à falta de conhecimento científico por parte dos professores, pois a maioria deles foi treinado antes da inclusão da nanociência nos programas de educação científica existentes. (JONES et al., 2013). É bom lembrar que os professores muitas vezes se formam em apenas uma disciplina. Portanto, eles podem não se sentir a vontade quando se trata de

incluir em suas lições novos tópicos de ensino. Essa relutância em lidar com assuntos desconhecidos pode ser reforçada por sua falta de conhecimento de conteúdo neste campo emergente e em evolução. (SCHANK; KRAJCIK; YUNKER, 2007).

Para um professor ministrar uma disciplina relacionando a nanociência, deve haver treinamento sobre o currículo, o conteúdo e as estratégias pedagógicas a serem usadas. A falta de compreensão dos professores em relação ao tamanho e escala foi documentada em uma série de estudos recentes, nos quais diferentes escalas foram comparadas. (JONES et al., 2011; JONES et al., 2008). Esses estudos mostram que os professores têm conhecimento limitado do tamanho de um nanômetro, bem como dos tamanhos dos objetos do cotidiano.

Kumar (2007) realizou um estudo exploratório sobre o conhecimento de 109 professores australianos de nanotecnologia. Este estudo descobriu que havia uma falta de compreensão da escala física subjacente da nanociência e nanotecnologia, bem como a etimologia do termo 'nano'. Se os professores não têm um conhecimento fundamental do tamanho e da escala dos nanômetros, não está claro como eles podem entender e ensinar os alunos sobre como os materiais se comportam de maneira diferente e como as ferramentas e técnicas diferem quando se trabalha nessa pequena escala.

Embora existam muitos professores interessados, as influências dos livros didáticos, o tempo para desenvolver novas aulas e pressões administrativas relacionadas aos padrões de ensino escolar inibem a criatividade e o desejo dos professores de incluir novos tópicos em seus currículos existentes. (CARVER, 2006).

Assim, para evitar que os professores se desencorajem de trazer a nanociência para a escola por falta de tempo para se atualizarem, por medo de se perderem na resposta às perguntas dos alunos, ou detectarem e agirem sobre as dificuldades dos alunos por falta de conhecimento, diferentes autores apresentaram propostas diferentes para esses problemas. Para abordar a questão do desenvolvimento profissional dos professores em serviço, alguns apontam para a solução de curto prazo da organização de cursos de método científico que tratam de tópicos interdisciplinares e de ponta, incluindo ciências e tecnologias em nanoescala. (SCHANK; KRAJCIK; YUNKER, 2007). Além disso, para fornecer aos professores explicações detalhadas dos fenômenos e abordagens para orientar as discussões, esses autores sugerem que um material educacional seja criado.

Outros programas para o desenvolvimento profissional de professores de nanociência também foram relatados. Tomasik et al. (2009) projetaram um curso de desenvolvimento profissional on-line sobre nanociência e nanotecnologia para professores.

Este curso incluiu oito sessões semanais e um projeto final, no qual cada participante criou um módulo de nanociência para sua sala de aula que foi revisado por outros participantes.

No entanto, além do professor os alunos também precisam reestruturar os processos de raciocínio no nível macro e micro para então incluir a nanociência na sua vida de maneira significativa. A escala continua sendo um dos conceitos mais difíceis para os estudantes entenderem em relação à nanotecnologia. Relacionar nanômetros com unidades de medida costumeiras fornece um nível mínimo de conhecimento de objetos reais em nanoescala. Contextualizar a nanociência também é difícil para os alunos, bem como entender as propriedades de materiais em nanoescala, pois essa abordagem científica faz eles se perguntarem por que estão estudando essa área. (ERNST, 2009).

Diante desse desafio de conceituar o tamanho e a função da questão em nanoescala, devemos ajudar a facilitar o desenvolvimento de nossos alunos no entendimento da funcionalidade dos materiais em nanoescala. Para isso, existem várias atividades atualmente disponíveis que podem ser facilmente integradas em diferentes disciplinas científicas em todos os níveis de ensino, pré-escola até a pós-graduação. Uma vez que a nanotecnologia é um campo de estudo interdisciplinar, as atividades podem ser adequadas para diferentes disciplinas com base na premissa fundamental da atividade e das exigências do curso para o qual ela se destina.

Atividades curriculares que incorporam exemplos do mundo real podem melhorar as atitudes dos alunos sobre ciência e ideias emergentes. Jones et al. descobriram em um estudo de 2003 que os estudantes podem aumentar sua compreensão do que a nanoescala é através do desenvolvimento de gráficos tridimensionais de alta qualidade e utilização de software de realidade virtual.

A areia mágica é outra atividade que pode ser aplicada no ensino médio. Essa atividade permite que os alunos explorem as propriedades hidrofóbica dos materiais que compõem a areia, e por que a areia mágica foi desenvolvida e seus usos. (NANODAYS, 2011).

Outra atividade é a investigação de nanopartículas de prata como agentes antimicrobianos que são usados em aplicações de superfícies hospitalares, a fim de reduzir agentes infecciosos no meio ambiente, e em meias e roupas íntimas para reduzir o odor causado por bactérias. A toxicidade da prata para microorganismos mata bactérias comuns, como *Escheria coli* e *Scrub typhus* quando é reduzida para a faixa de tamanho de 5 a 50 nanômetros. (GARDNER; JONES, 2009).

O professor também pode explorar as propriedades da área de superfície por meio de atividades práticas que demonstra como um material pode agir diferente ao reduzir a um tamanho nanométrico. (NANODAYS, 2010).

Sendo assim, essas dificuldades precisam ser superadas para que os professores incorporem a nanociência em suas lições e os alunos tenham melhor compreensão desse campo de estudo que a cada ano cresce. Mas para isso não basta apenas possuir o conhecimento, é necessário pensar como um professor “genial”, ou seja, aquele eterno insatisfeito que pretende descobrir em seu meio de entorno coisas e tudo o quanto o faça repensar, ajustar, amadurecer, criar, fazer e refazer, disponibilizar, modificar, construir, reconstruir, enfim, é necessário estar em perfeita harmonia com o contexto em que se insere. (REYNALDO, 2016).

### 3 METODOLOGIA DA PESQUISA

A pesquisa realizada caracterizou-se como qualitativa, que consiste um conjunto de possibilidades como: a) mudança na trajetória do processo quando o pesquisador entender necessário; b) descrição das percepções do investigador como essencial para a análise dos dados e discussão dos resultados; c) fidedignidade dos dados obtidos a partir de um rigoroso planejamento e execução adequada.

Simultaneamente, o método de procedimento determinado constituiu-se em nível exploratório, levando a ampliar seu universo de conhecimento na temática. Utilizou-se a investigação bibliográfica, com o objetivo de obter informações do objeto de estudo, sendo que nessa direção, recorreu-se o uso de artigos científicos, obtidos em repositórios, para investigar a situação da educação em nanociência e nanotecnologia pelo mundo, bem como os desafios enfrentados para implementação desse campo científico no ensino escolar e, ao mesmo tempo, a preocupação com o “estado da arte” de cada documento foi uma condição seguida e necessária para que os resultados fossem atuais e factíveis.

Analisada a importância do objeto de estudo para a pesquisa, foi elaborado um planejamento da metodologia por meio dos recursos educacionais a serem aplicados, ou seja, as sequências didáticas.

A população da presente pesquisa foi composta por 25 alunos do 1º ano do ensino médio da Escola de Educação Básica Senador Francisco Benjamim Gallotti localizada no bairro Oficinas/Tubarão-SC, onde por meio da observação e o uso de questionários foi realizada a coleta de dados.

Para dar início ao processo da pesquisa, primeiramente aplicou-se um pré-questionário para verificar o conhecimento prévio dos alunos em relação ao campo da nanociência e nanotecnologia. Após o pré-questionário apresentou-se aos alunos a sequência didática 2 proposta nesse trabalho. A sequência didática durou aproximadamente 45 minutos. Com o intuito de verificar o processo de ensino-aprendizagem e o interesse pela nanociência e nanotecnologia aplicou-se no fim outro questionário. Os dados obtidos pelos questionários foram apresentados em gráficos e analisados de forma descritiva.

## 3.1 RECURSOS EDUCACIONAIS

### 3.1.1 Sequência Didática 1

Tema: Enxergando a Escala Nanométrica

Introdução:

Quando se trata de coisas maiores ou menores do que podemos ver com nossos olhos, é importante entender que pode haver uma grande diferença entre coisas que são muito pequenas ou grandes demais para serem vistas. Um dos primeiros desafios para introduzir a nanociência no ensino de química está relacionado ao conceito de escala, em como “ver” o que não se pode ver. Esta sequência didática explora o mundo nano e classifica objetos em diferentes escalas de forma didática, de forma a estimular o pensamento e a imaginação para que os alunos compreendam o quão grande pode ser a diferença entre os objetos existentes em seu cotidiano.

Objetivo geral:

- Ilustrar as enormes diferenças de escalas em nosso universo.

Objetivos específicos:

- Descrever os conceitos de macro, micro e nanoescala por meio de um diagrama de escala;
- Apresentar a notação científica;
- Classificar objetos dentro da escala macro, micro e nano por meio de atividades didáticas para que os alunos desenvolvam a imaginação sobre o tamanho dos objetos;

- Demonstrar que são necessários equipamentos especiais para visualizar objetos em tamanho muito pequeno;

Metodologia:

Aula expositiva dialogada e ferramentas didáticas.

Materiais:

- Diagrama de escala
- Cartas de objetos e escalas
- Folha com tabela das escalas
- Régua
- Tesoura
- Pedaco de papel de 150x5 mm

Atividade 1: Diagrama de Escalas de Diferentes Objetos

Nesta atividade os alunos devem formar pequenos grupos onde irão explorar sua percepção do tamanho de diferentes objetos. O professor deve entregar um diagrama de escalas para cada grupo (Figura 2). Por meio do diagrama de escalas explicar os conceitos de macro, micro e nanoescala discutindo as medidas e o tamanho de diferentes objetos que estão no nosso cotidiano de maneira qualitativa, objetos que podem ser visto a olho nu e visto somente com o auxílio de equipamentos laboratoriais. Discutir também sobre a notação científica, que através dela é possível escrever de forma simplificada números muito grandes ou muito pequenos.

Após entenderem como funciona a escala o professor deve aplicar uma atividade onde os alunos irão relacionar alguns objetos dentro de uma faixa de tamanho. Para isto, cartas contendo diferentes objetos (Figuras 3 e 4) e tamanhos (Figura 5) devem ser distribuídas para os alunos de maneira que eles alinhem os tamanhos em forma decrescente deixando espaços entre as cartas, em seguida os alunos devem colocar as cartas dos objetos dentro dos intervalos referentes ao seu tamanho. Mais de um objeto pode estar entre um

intervalo. Quando terminarem de colocar as cartas, os alunos devem registrar os resultados na Tabela 1. As seguintes perguntas podem ser discutidas nessa atividade:

1) Quais foram os itens mais difíceis para você estimar o tamanho? Por quê?

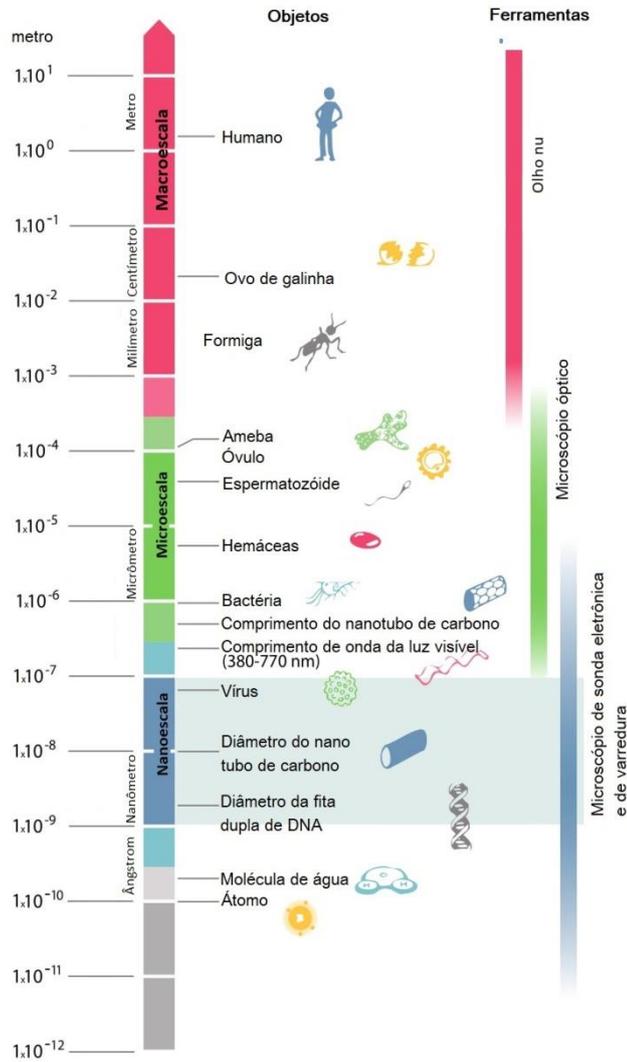
Os alunos listarão os pequenos objetos que eles menos conhecem. Por exemplo, se eles não fizeram biologia, eles podem listar vírus, ribossomo etc.

2) Por que estamos usando potências de 10 para a linha numérica em vez de uma escala linear regular (como um metro)?

Porque utilizando a potência 10 para a escala, é possível espalhar os marcadores de unidade uniformemente para que possamos posicionar e ver claramente todos os cartões. Se usássemos uma escala linear, a maioria das cartas se empilharia umas sobre as outras. E nós não podemos fazer marcas muito menores do que um milímetro de qualquer maneira, então nós não poderíamos fazer ou ver nossa escala se fosse linear.

Figura 3 - Diagrama de escala.

## Diagrama de escala: Objetos e ferramentas em diferentes escalas



### VOCE SABIA

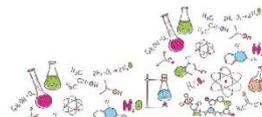
- 1 polegada é igual a 25,4 milhões de nanômetros;
- 1 folha de papel tem aproximadamente 100.000 nanômetros de espessura;
- Um cabelo humano mede aproximadamente 50.000 a 100.000 nanômetros de diâmetro e as unhas crescem cerca de 1 nanômetro a cada segundo;
- Se todas as pessoas na Terra medissem 1 nanômetro, todas as pessoas do planeta poderiam se encaixar em um carro do tamanho da Hot Wheels;

### Notação Científica

Os cientistas usam o sistema métrico para medir o tamanho físico (altura, largura e espessura) dos objetos. O sistema métrico usa potência de dez ( $10^n$ ) para mostrar como os objetos são grandes ou pequenos em relação a uma unidade específica de medida, chamada de notação científica. Alguns exemplos são:



- |                                     |   |
|-------------------------------------|---|
| $1 \times 10^1 = 10 \text{ m}$      | $1 \times 10^{-3} = 0,001 \text{ m}$    |
| $1 \times 10^0 = 1 \text{ m}$       | $1 \times 10^{-4} = 0,0001 \text{ m}$   |
| $1 \times 10^{-1} = 0,1 \text{ m}$  | $1 \times 10^{-5} = 0,00001 \text{ m}$  |
| $1 \times 10^{-2} = 0,01 \text{ m}$ | $1 \times 10^{-6} = 0,000001 \text{ m}$ |

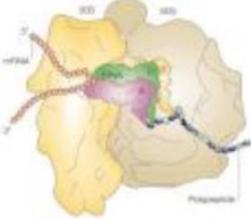


Fonte: adaptado de NanoSense (2007).

Figura 4 - Cartas de diferentes objetos.

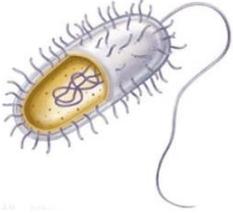
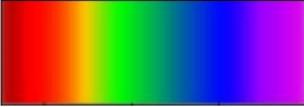
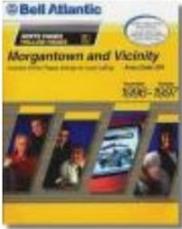
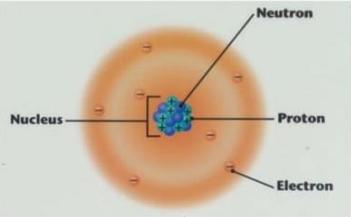
**Atividade 1: Escalas de diferentes objetos**

(É recomendado imprimir em papel de cartolina)

<p>1. Espessura de um centavo</p> 	<p>2. Altura de um batom</p> 	<p>3. Diâmetro de um glóbulo vermelho</p> 
<p>4. Altura de uma criança comum de 5 anos</p> 	<p>5. Largura de uma enzima proteinase</p> 	<p>6. Altura de um ácaro</p> 
<p>7. Largura de uma aliança comum</p> 	<p>8. Comprimento de uma ameba</p> 	<p>9. Largura de uma tampa de tomada elétrica</p> 
<p>10. Diâmetro de um ribossomo</p> 	<p>11. Espessura da linha de costura</p> 	<p>12. Largura de uma molécula de água</p> 

Fonte: adaptado de NanoSense (2007).

Figura 5 - Cartas de diferentes objetos.

<p>13. Largura de uma bactéria</p> 	<p>14. Altura de uma semente de maçã</p> 	<p>15. Diâmetro de um vírus</p> 
<p>16. Altura de uma carta</p> 	<p>17. Comprimento de onda da luz visível</p>  <p>Espectro de luz visível</p>	<p>18. Tamanho de uma célula humana</p> 
<p>19. Diâmetro de um nanotubo de carbono</p> 	<p>20. Largura de uma lista telefônica</p> 	<p>21. Altura de um jogador comum de basquete</p> 
<p>22. Diâmetro de um átomo de nitrogênio</p> 	<p>23. Espessura de um grampo</p> 	<p>24. Altura de uma girafa</p> 

Fonte: adaptado de NanoSense (2007).

Figura 6 - Cartas de diferentes escalas

**Atividade 1: Escala de diferentes objetos**

$1 \times 10^{-10} \text{ m}$ (1 ângstrom)		$1 \times 10^{-9} \text{ m}$ (1 nanômetro)	
$1 \times 10^{-8} \text{ m}$ (10 nanômetros)	$1 \times 10^{-7} \text{ m}$ (100 nanômetros)	$1 \times 10^{-6} \text{ m}$ (1 micrometro)	
$1 \times 10^{-5} \text{ m}$ (10 micrometros)	$1 \times 10^{-4} \text{ m}$ (100 micrometros)	$1 \times 10^{-3} \text{ m}$ (1 milímetro)	
$1 \times 10^{-2} \text{ m}$ (10 milímetros)	$1 \times 10^{-1} \text{ m}$ (100 milímetros)	$1 \times 10^0 \text{ m}$ (1 metro)	

Fonte: adaptado de NanoSense (2007).

Tabela 1 - Respostas da atividade 1.

<b><math>1 \times 10^1</math> m</b>
4. Altura de uma criança comum de 5 anos; 21. Altura de um jogador comum de basquetebol; 24. Altura de uma girafa adulta.
<b><math>1 \times 10^0</math> m</b>
9. Largura de uma tampa de tomada elétrica; 16. Altura de uma carta; 20. Largura de uma lista telefônica.
<b><math>1 \times 10^{-1}</math> m</b>
7. Largura de uma aliança comum; 14. Altura de uma semente de maçã; 2. Altura de um batom.
<b><math>1 \times 10^{-2}</math> m</b>
1. Espessura de um centavo; 11. Espessura de uma linha de costura; 23. Espessura de um grampo.
<b><math>1 \times 10^{-3}</math> m</b>
6. Altura de um ácaro; 8. Comprimento de uma ameoba; 18. Tamanho de uma célula humana.
<b><math>1 \times 10^{-4}</math> m</b>
3. Diâmetro de um glóbulo vermelho.
<b><math>1 \times 10^{-5}</math> m</b>
13. Largura de uma bactéria.
<b><math>1 \times 10^{-6}</math> m</b>
17. Comprimento de onda da luz visível; 15. Diâmetro de um vírus.
<b><math>1 \times 10^{-7}</math> m</b>
10. Diâmetro de um ribossomo; 5. Largura de uma enzima proteinase; 19. Diâmetro de um nanotubo de carbono.
<b><math>1 \times 10^{-8}</math> m</b>
12. Largura de uma molécula de água.
<b><math>1 \times 10^{-9}</math> m</b>
22. Diâmetro de um átomo de nitrogênio.
<b><math>1 \times 10^{-10}</math> m</b>

Fonte: adaptado de NanoSense (2007).

### Atividade 2: Cortando Papel

Através dessa atividade os alunos terão uma experiência visual da nanoescala. O professor deve entregar para cada aluno um pedaço de papel de 150 x 5 mm, tesoura e régua. Deve-se perguntar para o aluno quantas vezes acham que é necessário cortar o papel transversalmente sempre no meio para fazer um pedaço de 9 nanômetros. Após a resposta perguntar quantas vezes eles acham que podem cortar o papel até que seja impossível de cortar com a tesoura. Falar para anotarem as respostas e em seguida começar a cortar a tira de papel transversalmente e continuar cortando pela metade quantas vezes puderem. É importante lembrar os alunos de acompanhar o número de cortes, assim que fizerem o maior

número de cortes, dizer para os alunos medirem as dimensões do papel. No final desta atividade podem ser discutidas as seguintes questões:

1) Suas previsões eram precisas? (São necessários 24 cortes para chegar a 9 nm de comprimento).

Tabela 2 - Valores aproximados do comprimento de cada corte.

Cortes	Comprimento (mm)	Comprimento (nm)
1	75,0	75.000.000
2	37,5	37.500.000
3	18,8	18.800.000
4	9,4	9.400.000
5	4,7	4.700.000
6	2,3	2.300.000
7	1,2	1.200.000
8	0,586	586.000
9	0,292	292.000
10	0,146	146.000
11	0,0732	73.200
12	0,0366	36.600
13	0,0183	18.300
14	0,00915	9.150
15	0,00458	4.580
16	0,00229	2.290
17	0,00114	1.140
18	0,000572	572
19	0,000286	286
20	0,000143	143
21	0,0000715	71,5
22	0,0000358	35,8
23	0,0000179	17,9
24	0,00000894	9

Fonte: do autor (2018).

2) Quantas vezes eles cortaram o papel?

3) Quão perto foi o menor pedaço para a nanoescala?

4) Por que eles tiveram que parar de cortar?

5) Objetos de macroescala, como tesouras, podem ser usados em nanoescala?

6) Eles podem pensar em alguma maneira de cortar o papel menor?

Para encerrar, enfatize que as atividades mostram o quão pequeno o nano realmente é, e como as ferramentas de escala macro, como tesouras, podem ser inadequadas para lidar com a nanoescala.

### 3.1.2 Sequência Didática 2

Tema: Ligações Químicas

Subtema: Ligação Iônica

Introdução:

As ligações químicas são interações entre dois ou mais átomos. Os tipos de ligações químicas incluem ligações covalente, iônicas e metálicas. Por meio das ligações químicas é possível formar substâncias com propriedades diferentes para determinadas aplicações. Um exemplo é a reticulação de polímeros naturais por meio de ligações iônicas de maneira a formar cápsulas poliméricas. O encapsulamento de líquidos ou sólidos dentro de uma membrana polimérica é um método muito utilizado para proteger materiais ou permitir sua liberação controlada. Materiais encapsulados, como fármacos, inseticidas, resíduos tóxicos, alimentos, tintas, catalisadores, cristais líquidos e cosméticos são muito comuns atualmente. Por meio desta sequência didática procurou-se enfatizar a ligação química iônica de forma contextualizada por meio do microencapsulamento de um corante alimentício ligando-se a idéia do nanoencapsulamento, demonstrando algumas aplicações e suas vantagens.

Objetivo:

- Demonstrar a formação de microcápsulas de alginato de sódio por meio da ligação iônica.

Objetivos específicos:

- Descrever a ligação química iônica associada à formação de microcápsulas;
- Apresentar os fenômenos do encapsulamento sugerindo uma conexão nanotecnológica permitindo que os alunos criem uma visão do nanoencapsulamento;
- Apontar aplicações, vantagens e a importância do nanoencapsulamento;

Metodologia:

Aula expositiva dialogada e atividade experimental.

Materiais:

- 315 mL de água destilada
- 1 sachê de LuftaGastroPro
- 6 g de cloreto de cálcio ( $\text{CaCl}_2$ )
- Corante alimentício
- 2 béquer de 250 mL
- 1 béquer de 25 mL
- 1 Pipeta comum
- Imagens de nanocápsulas (opcional)

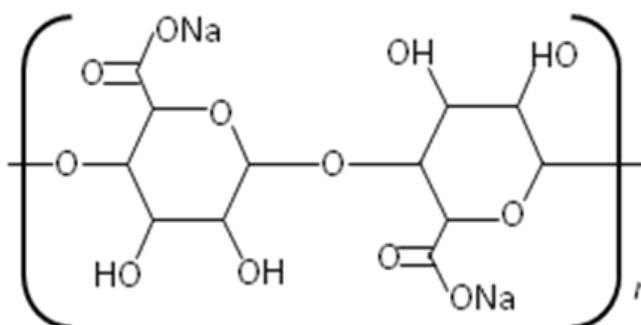
Atividade: Microencapsulamento de Corante Alimentício

Através dessa atividade os alunos poderão ver os fenômenos do encapsulamento, ou seja, o aprisionamento de uma substância em outra, bem como entender a formação das microcápsulas por meio da ligação iônica.

O professor deve começar a discussão sobre as ligações químicas iônicas, explicando os conceitos e como elas acontecem. Após a explicação fornecer o contexto para esta atividade apresentando aos alunos informações sobre substâncias produzidas por meio de ligações iônicas, como as cápsulas poliméricas que é o foco desta atividade.

A atividade será realizada com soluções de corante alimentício e alginato de sódio ( $C_6H_7O_6Na$ ) (Figura 6) presente no medicamento LuftaGastroPro. Ao adicionar a solução de alginato de sódio a uma solução de cloreto de cálcio ( $CaCl_2$ ) formará microcápsulas. Neste experimento o corante funciona como um indicador visual na formação das microcápsulas, como também um representante do material encapsulado.

Figura 7 - Estrutura química do alginato de sódio.



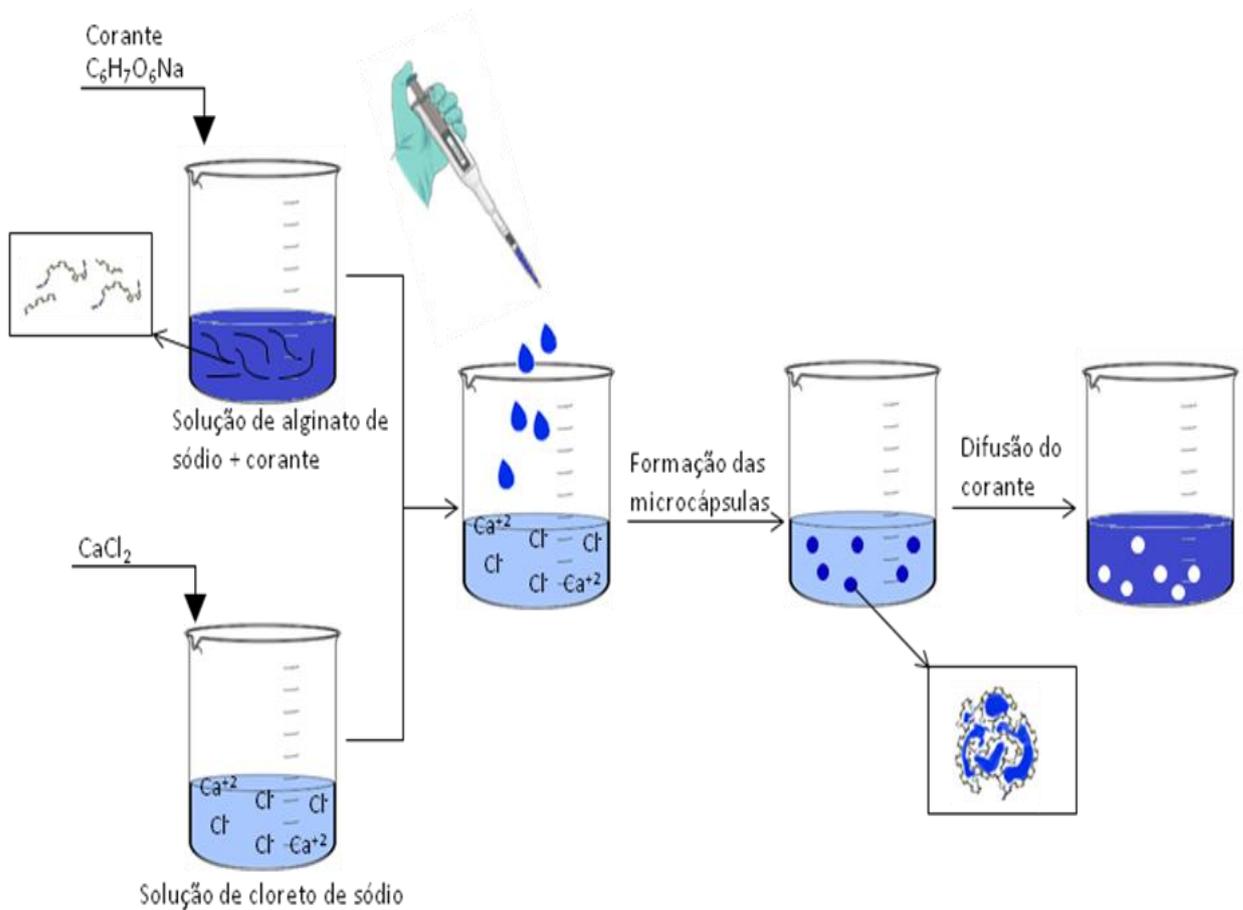
Fonte: do autor (2018).

É importante que o professor demonstre como acontece a ligação do polímero reticulado ao formar as microcápsulas quando adicionado na solução de  $CaCl_2$ , isto oferece a oportunidade para discutir sobre a ligação iônica.

Para explicar como a formação das microcápsulas ocorre, imagine o  $C_6H_7O_6Na$  na solução como “fios de espaguete” separados um do outro organizados aleatoriamente. A molécula do  $C_6H_7O_6Na$  possui grupos carboxila (um átomo de carbono e dois átomos de oxigênio carregando uma única carga negativa) ligados ao sódio ( $Na^+$ ), ao adicionar essa solução na solução de  $CaCl_2$  o sódio do  $C_6H_7O_6Na$  se ioniza e os íons de cálcio ( $Ca^{+2}$ ) se ligam aos grupos carboxilas de duas cadeias diferentes de alginato formando uma “ponte” entre eles. Esse processo é conhecido como reticulação, onde é produzido um emaranhado com os fios do alginato no qual as cadeias se organizam formando uma microcápsula semelhante a um gel. As reações estão apresentadas na Figura 7.



Figura 9 - Representação esquemática do experimento.



Fonte: do autor (2018).

Logo depois retirar as microcápsulas da solução de  $NaCl_2$  e transferi-las para um béquer contendo 150 mL de água. É possível observar que após alguns minutos o corante começa a ser liberado na solução, uma vez que a solução começa a ficar colorida. Os alunos devem pensar sobre o que está acontecendo dentro e fora das microcápsulas. Esta observação será um passo importante para os alunos verem como o encapsulamento pode ser utilizado em diversas aplicações. Para isto é importante que os alunos tenham a visão mental da matriz polimérica como algo com poros em sua superfície e não algo liso, para que eles possam entender o processo de difusão do corante para a solução, neste passo é demonstrado que é possível controlar a liberação de determinadas substâncias.

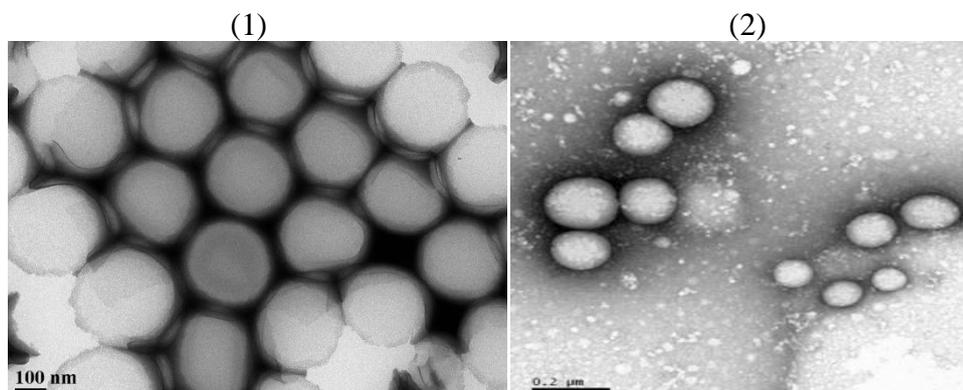
Figura 10 - Microcápsulas de alginato de sódio contendo corante alimentício.



Fonte: do autor (2018).

Para finalizar o professor deve conectar este experimento com o nanoencapsulamento mostrando imagens de exemplos de nanocápsulas (Figura 10), através de imagens deve-se explicar que é possível transformar microgotas em gotas de tamanho nanométrico, sendo impossível visualizar a olho nu.

Figura 11 - Imagens de exemplos de nanoencapsulamento; (1) Nanocápsulas de vitamina D em óleo de peixe analisadas no TEM, (2) nanocápsulas de óleo de rosa em quitosana.



Fonte: (1) Walia et al. (2017); (2) Contri et al. (2016)

Deve-se comentar algumas aplicações do nanoencapsulamento, como no campo da medicina, onde moléculas de fármacos são encapsuladas para que possam sobreviver no

caminho até o sistema digestivo, sendo liberadas no momento apropriado para a corrente sanguínea. Comentar também sobre a importância do nanoencapsulamento para a ciência e quais as suas vantagens em relação ao microencapsulamento, discutindo sobre estabilidade das gotas, proteção das substâncias, eficácia, entre outras vantagens. As discussões desta sequência didática podem ser feitas pelas seguintes questões:

- 1) O que estava acontecendo quando a solução começou a ficar colorida?
- 2) Quais as aplicações do nanoencapsulamento atualmente?
- 3) Quais as vantagens de nanoencapsular uma substância?
- 4) Como podemos produzir as nanogotas sendo que não é possível visualizá-las?
- 5) Quais ferramentas podemos utilizar para visualizar as nanogotas?

### **3.1.3 Sequência Didática 3**

Tema: Cinética Química

Subtema: Fatores que influenciam a velocidade (área superficial)

Introdução:

A cinética química trata-se do estudo da velocidade das reações e o seu conhecimento é muito importante, principalmente em termos industriais. Sabe-se que uma reação química pode ocorrer de forma rápida ou lenta e que a sua velocidade pode ser influenciada por alguns fatores como a temperatura, pressão, concentração, uso de catalisador e a área superficial do reagente (no caso de reação heterogênea). Esta sequência didática trata-se de observar através de atividades visuais como os materiais em tamanho de nanoescala afetam a velocidade de uma reação química em relação a sua área superficial.

Objetivo geral:

- Demonstrar por meio de atividades visuais que substâncias nanométricas aumentam a velocidade de uma reação química devido a maior área superficial.

Objetivos específicos:

- Descrever porque a velocidade da reação aumenta ao diminuir o tamanho de superfície de um reagente;
- Compreender que substâncias em escala menor adquirem diferentes propriedades;
- Apresentar o conceito de área superficial/volume;
- Apontar algumas aplicações do cotidiano do uso de partículas nanométricas.

Metodologia:

Aula expositiva dialogada e modelos visuais.

Materiais:

- 2 béqueres de 100 mL
- 2 comprimidos antiácidos
- 100 mL de água]
- cubos de isopor

Atividade: Influência da área superficial na velocidade de uma reação química

No conteúdo de cinética química há uma variedade de conceitos a serem repassados aos alunos. A velocidade de reação química e os fatores que a influenciam são de fundamental importância para o aprendizado, dessa forma esta atividade busca explorar a área

de superfície de um material e como esse material pode agir diferente quando esta no tamanho nanométrico.

Assimilando o conhecimento de área superficial/volume os alunos compreenderão alguns eventos do seu cotidiano como, por exemplo, porque sólidos menores queimam mais rápidos, porque uma batata quente esfria mais rápido quando é espalhada em pedaços menores, porque substâncias menores se dissolvem mais fácil, entre outros.

Para dar início à atividade, o professor deve discutir sobre os conceitos de cinética química e qual a sua importância. Ao entrar no tópico dos fatores que influenciam a velocidade de uma reação química, em particular a área superficial, deve-se enfatizar que ao diminuir a substância de tamanho ela pode apresentar propriedades diferentes.

Para contextualizar a influência da área superficial/volume na velocidade de uma reação, o professor deve realizar um experimento prático utilizando comprimidos antiácidos. Quando o comprimido é adicionado na água o bicarbonato de sódio ( $\text{NaHCO}_3$ ) reage com ácido cítrico ( $\text{H}_3\text{C}_6\text{H}_5\text{O}_7$ ) contido no comprimido. Assim, ocorre a efervescência devido a liberação do dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ) produzido conforme a reação (1).



O professor deve colocar em diferentes recipientes transparentes um comprimido inteiro e um comprimido em pedaços pequenos. Em seguida devem ser adicionados 50 mL de água simultaneamente nos recipientes (Figura 11).

Figura 12 - Reação entre antiácido efervescente e água em duas situações diferentes: no primeiro copo, o antiácido está em pó e, no segundo, está em comprimido.



Fonte: Fogaça (2018).

Quando a reação de efervescência terminar o professor deve fazer o aluno refletir perguntando por que um comprimido foi consumido mais rápido do que o outro.

Para explicar diga que o comprimido em pedaços menores desapareceu mais rápido porque tem uma área superficial total maior que o comprimido inteiro. Ao triturar o comprimido em partículas menores há maior quantidade deste material em contato com a água, ou seja, tem mais moléculas de água na superfície do comprimido triturado do que no comprimido inteiro o que aumenta a velocidade da reação de efervescência.

Para reforçar a compreensão de que os objetos menores têm maior área de superfície em relação ao seu volume utilize um modelo visual. O modelo é preparado cortando 3 cubos de isopor com o mesmo volume. Em seguida corte o segundo cubo em 8 pedaços e o terceiro em 27 pedaços (Figura 12).

Figura 13 - Modelo didático de área superficial em cubos de isopor.



Fonte: do autor (2018).

A partir desse modelo discuta que na nanoescala, as propriedades básicas das partículas podem variar significativamente em relação às partículas maiores. Isso pode incluir propriedades mecânicas, condutibilidade elétrica, como ela reage às mudanças de temperatura e até como as reações químicas ocorrem.

A área de superfície é um dos fatores que muda conforme as partículas diminuem. Como as reações químicas geralmente ocorrem na superfície de uma partícula, se houver uma área superficial maior disponível, maior será a quantidade de reagentes em contato com a superfície, dessa forma a reação pode ser muito diferente. Para esta atividade as seguintes questões podem ser discutidas:

1) O que aconteceria se esmagasse o comprimido em pó?

- 2) Porque reduzir as substâncias na escala de nanômetro?
- 3) Além da área superficial, quais outras propriedades alteram ao reduzir uma substância em tamanho nanométrico?
- 4) Quais as aplicações das nanopartículas?

## 4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

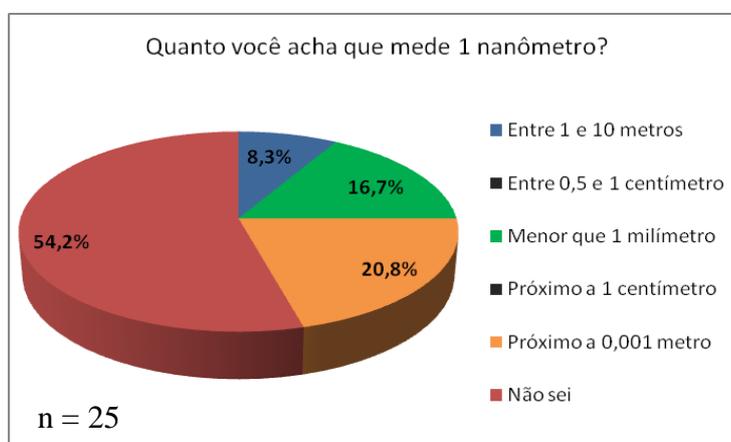
Os resultados obtidos durante esta pesquisa, os quais estão representados a seguir, são referentes à aplicação de um questionário inicial, onde a finalidade foi identificar o conhecimento dos alunos sobre nanociência e nanotecnologia, e um questionário final com o objetivo de avaliar o conhecimento adquirido e o interesse pela área da nanociência após a aplicação da sequência didática 2.

### 4.1 QUESTIONÁRIO INICIAL

No primeiro questionamento “Descreva o que você sabe sobre nanociência e nanotecnologia”, os alunos deveriam expressar seu conhecimento sobre o assunto, porém observou-se que nenhum dos 25 alunos souberam responder a questão, todos deixaram a resposta em branco. Isso demonstra que existe uma carência desse conhecimento por parte dos alunos o que fica evidente a não abordagem desse tema dentro da sala de aula.

Outro aspecto evidenciado é que os estudantes não tem ideia de quanto mede 1 nanômetro e do quão pequena é a escala nanométrica. Como pode ser observado no Gráfico 1, 54,2% dos estudantes afirmaram não saber responder, enquanto que 29,1% erraram a resposta. Apenas 16,7% dos alunos acertaram a resposta, mas isso não representa que tenham o conhecimento, já que nenhum deles afirmou que esta área esta ligada ao estudo de objetos muito pequenos conforme a primeira questão.

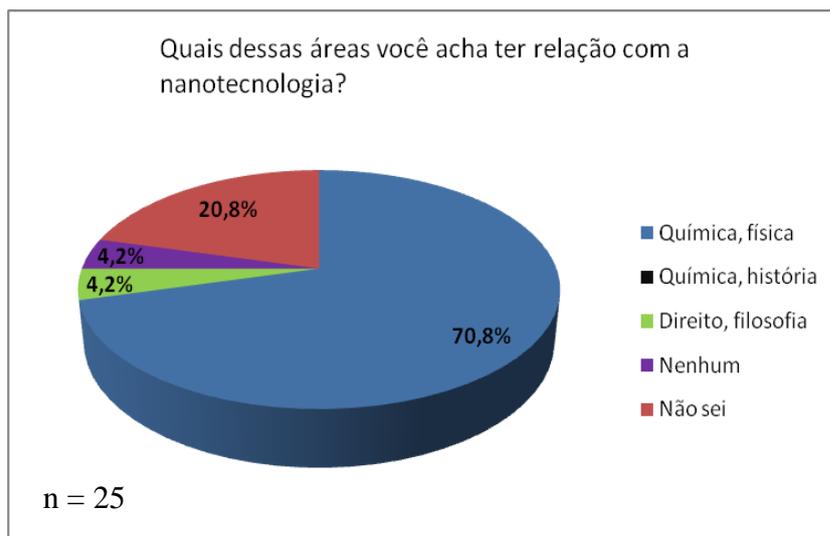
Gráfico 2 - Indicativo do conhecimento sobre o tamanho nanométrico (Questionário Inicial).



Fonte: do autor (2018).

Apesar dos estudantes não terem o conhecimento sobre nanociência e nanotecnologia, eles conseguem associar este assunto às áreas de conhecimento de química e física por exemplo. Já que conforme o Gráfico 2, pode-se observar o acerto de 70,8% por parte dos alunos, enquanto 20,8% não souberam responder e 8,4% erraram.

Gráfico 3 - Indicativo do conhecimento de áreas relacionadas à nanotecnologia (Questionário Inicial).

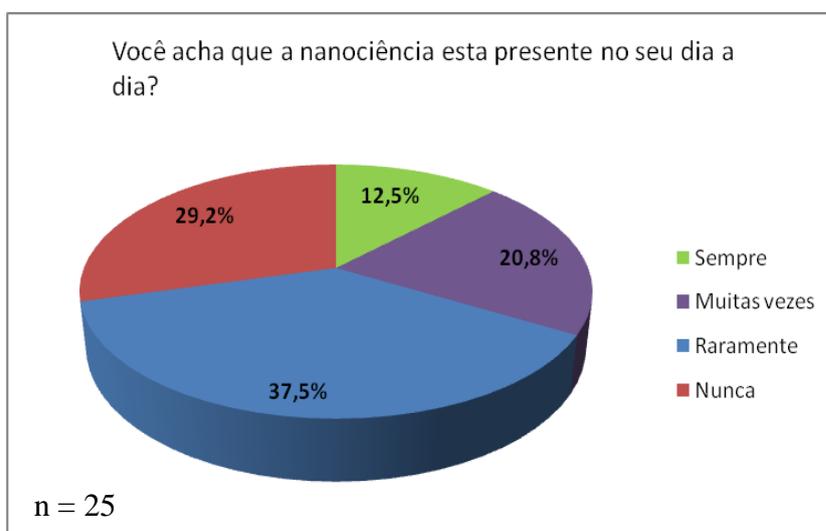


Fonte: do autor (2018).

Ao serem questionados sobre a presença da nanociência no cotidiano muitos acreditam não estar presente. De acordo com os dados coletados (Gráfico 3) 29,2% acreditam nunca estar presente, 37,5% creem que raramente esta presente e 20,8% responderam que muitas vezes esta presente. Apenas 12,5% responderam que sempre a nanociência esta presente no dia a dia, o que deveria ser a resposta correta, porque além de englobar todo tipo de desenvolvimento tecnológico dentro da sociedade, a nanociência também esta presente na natureza sobre diversas formas.

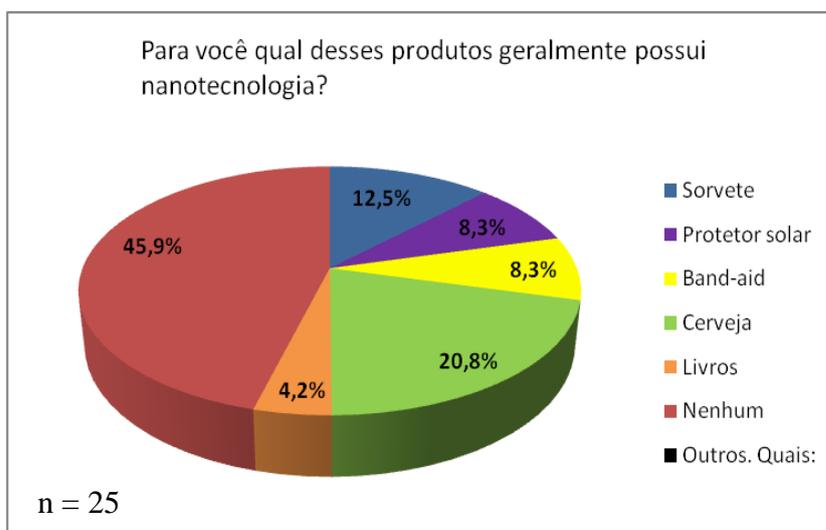
Para fortalecer esse questionamento foi ainda solicitado que respondessem alguns possíveis produtos com nanotecnologia, e conforme as respostas (Gráfico 4) 83,4% dos estudantes não souberam responder corretamente.

Gráfico 4 - Indicativo do conhecimento sobre a nanociência no dia a dia (Questionário Inicial).



Fonte: do autor (2018).

Gráfico 5 - Indicativo do conhecimento sobre produtos relacionados a nanotecnologia (Questionário Inicial).



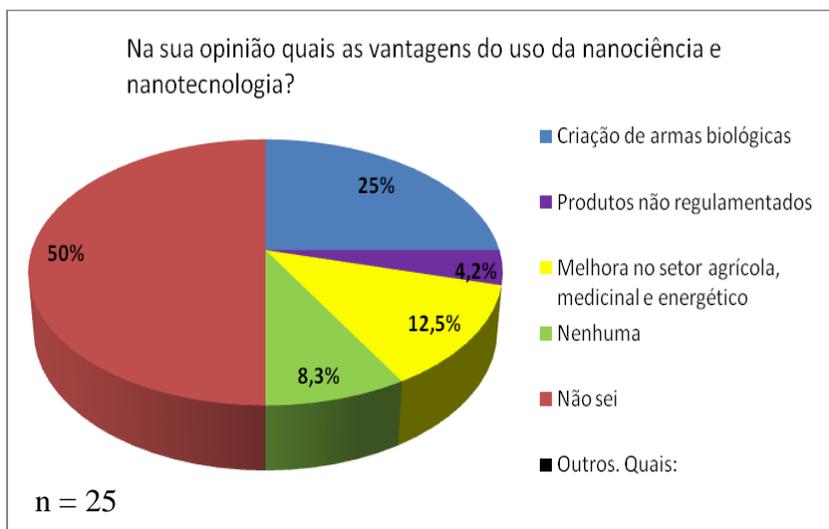
Fonte: do autor (2018).

Como último questionamento foi analisado a opinião dos estudantes em relação as vantagens do uso da nanociência e nanotecnologia para a sociedade. De acordo com os resultados (Gráfico 5), foi revelado que os estudantes nem imaginam quais os benefícios que esse campo pode trazer, pois apenas 12,5% dos alunos responderam corretamente, sendo que o restante não soube responder (50%) ou erraram a resposta (37,5%).

Podemos verificar por meio do questionário inicial que há ausência do conhecimento básico sobre nanociência, porém ao lerem o tema nanotecnologia nas questões

fez-se despertar o interesse e a curiosidade por parte dos alunos, pois os mesmos questionavam-se o que vinha ser a nanociência e nanotecnologia.

Gráfico 6 - Indicativo do conhecimento sobre as vantagens da nanotecnologia (Questionário Inicial).



Fonte: do autor (2018).

## 4.2 QUESTIONÁRIO FINAL

O tema nanociência e nanotecnologia permite a discussão de vários conceitos fundamentais na área de química, sendo assim optou por contextualizar esse tema em uma aula sobre ligação química iônica, conforme descrito na sequência didática 2.

Após a apresentação da aula pode-se notar que 23% dos alunos responderam a definição de nanociência e nanotecnologia corretamente, sendo que a maioria (53,5%) respondeu parcialmente correta. Os 23,5% restantes dos estudantes deixaram as respostas em branco. Isto demonstra que a maioria dos estudantes absorveram o conhecimento, mas tiveram dificuldades em descrever os conceitos aprendidos, e isto pode ser observado nas respostas a seguir:

*“É uma área da ciência que estuda os fenômenos e a manipulação de substâncias em tamanhos atômicos e moleculares” (Estudante A)*

*“É uma área que estuda substâncias de tamanhos atômicos” (Estudante B)*

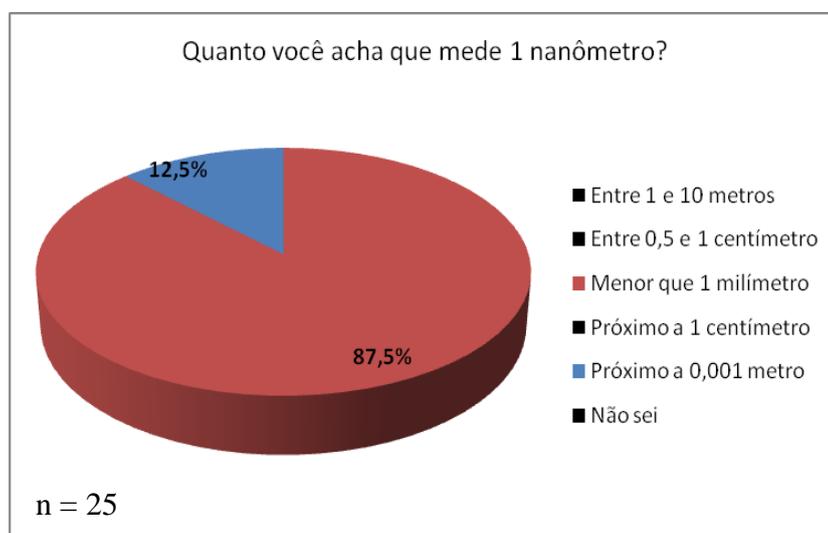
*“É algo pequeno que está em bastante desenvolvimento nos dias atuais” (Estudante C)*

*“É uma área da ciência que estuda objetos em tamanhos nanométricos” (Estudante D)*

Por meio das respostas foi possível observar que apesar da dificuldade em expor seu conhecimento, agora eles tinham em sua consciência que a nanociência e nanotecnologia é o estudo de substâncias em escalas extremamente pequenas, o que não sabiam antes da aula exposta.

Um dos principais pontos desta sequência didática foi desenvolver a compreensão dos estudantes em relação ao tamanho nanométrico. Sendo assim, durante a aula foi apresentado uma escala com exemplos de diferentes substâncias de diferentes tamanhos e proporções. E como pode ser observado no Gráfico 6, 87,5% dos estudantes acertaram a questão relacionada ao tamanho desenvolvendo a percepção da escala nanométrica, o que não possuíam antes da aula.

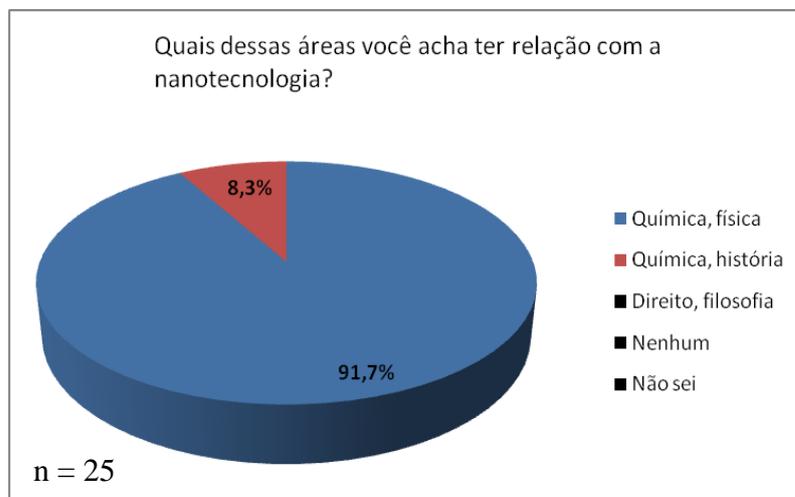
Gráfico 7 - Indicativo do conhecimento sobre o tamanho nanométrico (Questionário Final).



Fonte: do autor (2018).

A utilização do contexto ajudou a aprofundar o conhecimento relacionado aos diversos campos de estudo que fazem parte dessa área como química, física, biologia, ciência dos materiais, e entre outras. E isso pode ser observado no Gráfico 7, onde 91,7% dos estudante responderam corretamente a questão.

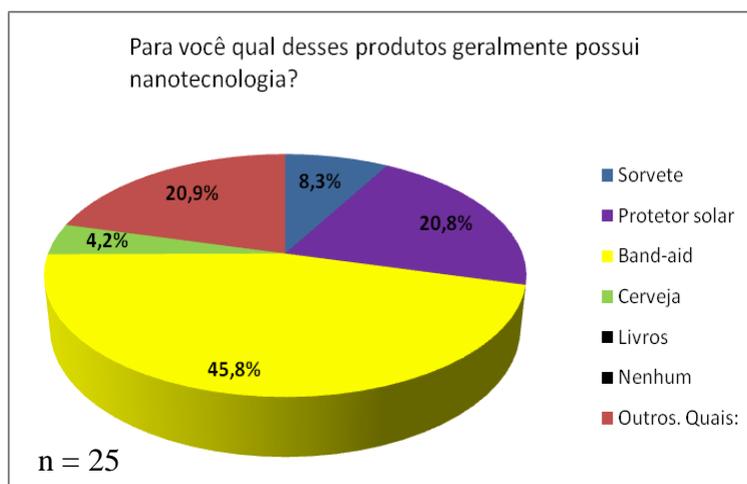
Gráfico 8 - Indicativo do conhecimento de áreas relacionadas à nanotecnologia (Questionário Final).



Fonte: do autor (2018).

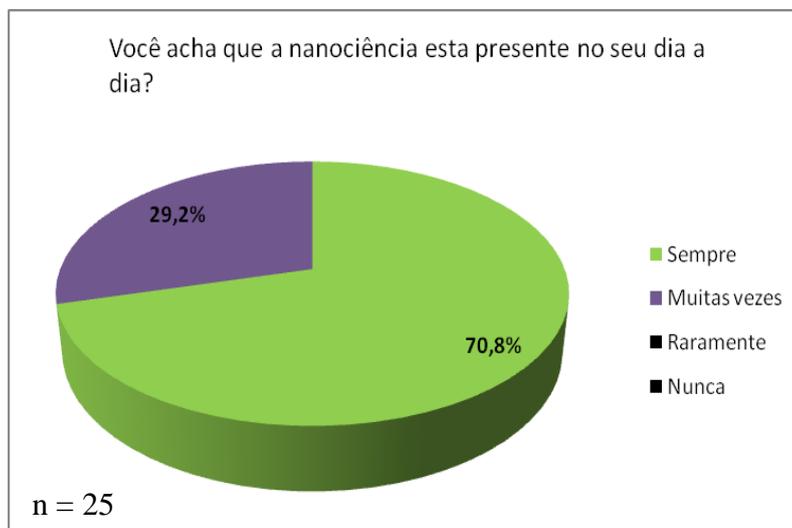
Além disso, a contextualização do tema em estudo possibilitou a demonstração de produtos com nanotecnologia que fazem parte do cotidiano dos estudantes, como band-aid, protetores solares, hidratantes, roupas e tintas por exemplo, produtos que eles nem imaginavam que poderia ter nanotecnologia. No Gráfico 8, 87,5% dos estudantes mostraram ter conhecimento de algum tipo de produto, o que não ocorreu no questionário inicial. Dessa forma os estudantes também conseguiram compreender que a nanociência esta sempre no seu dia a dia, não apenas em produtos comerciais, mas também sempre presente na natureza, e isso é observado em 70,8% das respostas dos estudantes no Gráfico 9.

Gráfico 9 - Indicativo do conhecimento sobre produtos relacionados a nanotecnologia (Questionário Final).



Fonte: do autor (2018).

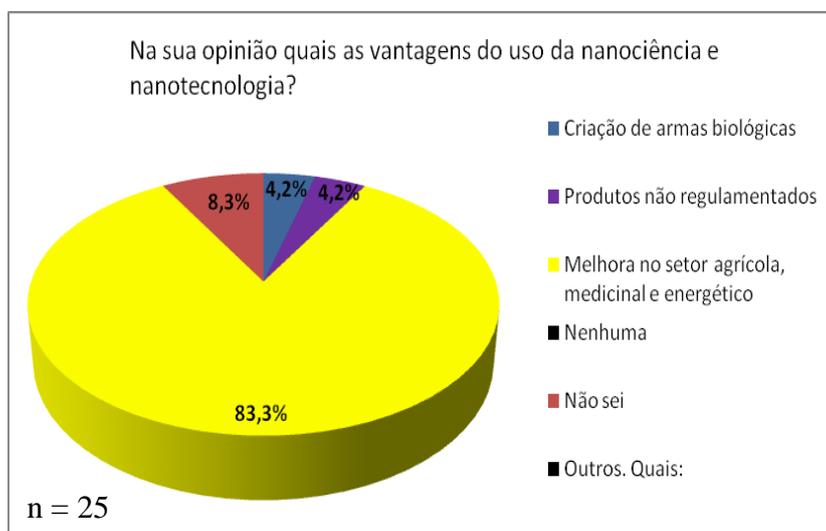
Gráfico 10 - Indicativo do conhecimento sobre a nanociência no dia a dia (Questionário Final).



Fonte: do autor (2018).

Por meio do experimento de microencapsulamento descrito na sequência didática 2, foi observado que os estudantes desenvolveram uma compreensão básica de como poderia manipular as ligações químicas, neste caso a iônica, de maneira a formar um produto com propriedades diferentes. Neste momento foi explicado o motivo de fazer o encapsulamento e onde poderia ser utilizada essa técnica contextualizando a nanociência neste experimento e explicando que seria possível transformar as microcápsulas em tamanho nanométrico.

Gráfico 11 - Indicativo do conhecimento sobre as vantagens da nanotecnologia (Questionário Final).



Fonte: do autor (2018).

Sendo assim, de acordo com o experimento realizado, os estudantes também desenvolveram uma compreensão básica das teorias relacionadas ao nanoencapsulamento como estabilidade, liberação controlada e aplicação em produtos do cotidiano como creme hidratante, por exemplo. Para finalizar foram discutidas as vantagens e em que setores a nanotecnologia poderia trazer melhorias. De acordo com o Gráfico 10, os alunos conseguiram captar a mensagem, pois 83,3% dos alunos responderam corretamente a questão sobre quais as vantagens do uso da nanociência e nanotecnologia.

O grande potencial de utilizar a abordagem contextualizada da nanociência e nanotecnologia dentro do conteúdo de ligação iônica aprofundou a construção do conhecimento e levantou o interesse do estudante pela ciência em relação a temas que possam estar presente no seu dia a dia como pode ser observado nas respostas a seguir da questão que perguntava “Você acha importante discutir nanotecnologia no ensino médio? Justifique”.

*“Sim, para saber mais sobre o assunto porque esta tecnologia é o futuro”*

*(Estudante A)*

*“Sim, achei muito interessante e seria um grande aprendizado” (Estudante B)*

*“Sim, porque a nanotecnologia esta muito presente no nosso dia a dia e é muito importante estuda-lá para a gente conhecer a tecnologia do futuro” (Estudante C)*

*“Sim, pois é uma área muito interessante da ciência o que motivaria escolher como carreira” (Estudante A)*

Da mesma maneira um estudo similar realizado por Hutchinson, Bodner e Bryan (2011) mostrou um grande aumento no interesse dos estudantes em ciência. Neste estudo foi avaliado o interesse de alunos do ensino médio em tópicos e fenômenos do campo da ciência e engenharia em nanoescala. A análise de dados quantitativos e qualitativos sugeriu que os alunos estavam mais interessados em tópicos e fenômenos relacionados ao seu cotidiano. Por outro lado, os alunos estavam menos interessados em tópicos e fenômenos que consideravam irrelevantes para suas vidas.

Podemos observar então que os alunos tem interesse em conhecer sobre esta área científica, mas em sala de aula não é abordado este assunto. Sendo assim essa abordagem contextualizada pode ser usadas para ajudar os alunos a compreenderem a nanociência e nanotecnologia, por meio de métodos educativos como as sequências didáticas propostas nesse trabalho. As sequências didáticas são ferramentas importantes com recursos educacionais que captam a atenção e estimulam o interesse dos estudantes, são fáceis de aplicar e podem ser abordadas em diferentes conteúdos da química.

No entanto, existem alguns desafios a serem enfrentados como a falta de conhecimento em nanociência e nanotecnologia por parte dos professores, por exemplo. É necessário que o professor se atualize frequentemente por meio de artigos, livros, vídeos e cursos de especialização, de forma a usar esse conhecimento em conteúdos relacionados no ensino de química.

É evidente que essa área é a tecnologia do futuro, tanto que a implementação da educação em nanotecnologia nas escolas é um processo comum em todo o mundo, portanto, o Brasil deve iniciar a inclusão da nanociência e nanotecnologia nos currículos escolares para não se atrasar em comparação com outros países.

## 5 CONCLUSÃO

Os assuntos nanociência e nanotecnologia raramente são abordados no ensino médio, principalmente inserindo no contexto de conteúdos específicos de química. Sabemos que é uma área que vem crescendo muito rapidamente nos últimos anos sendo um tema muito importante para o conhecimento do aluno.

Diante disso, elaboraram-se sequências didáticas contextualizando a nanociência e nanotecnologia em conteúdos específicos de química, e, essas sequências didáticas nos levaram a resultados que refletem melhorias no entendimento dos estudantes sobre conceitos de nanotecnologia.

Os resultados deste estudo sugerem que o interesse dos estudantes pela ciência pode ser aumentado pela incorporação dessas sequências didáticas na sala de aula. Pois ao observar as respostas dos alunos nos questionários inicial e final ficou evidente a aprendizagem de conceitos e aplicações relacionadas da nanotecnologia.

A grande vantagem de contextualizar por meio dessas sequências didáticas é que aumenta o interesse dos alunos, pois há experimentos e modelos educacionais inseridos, e isto ficou claro após a aula exposta. Além disso, trazendo esse contexto o estudante passou a conhecer produtos atuais com nanotecnologia no seu dia a dia, bem como a importância dessa área de estudo para a sociedade.

No entanto, as barreiras para essa inclusão são reais e perceptíveis para integrar novos tópicos de nanociência e nanotecnologia aos conteúdos de química, pois os professores necessitam de tempo e principalmente o conhecimento sobre a área. O que os professores precisam entender é que a nanociência não é nova, pois envolvem conceitos que eles já dominam que são os átomos e as moléculas, o que os professores precisam saber é que mudou o jeito de manipular os átomos e as moléculas dessa forma surgindo novas tecnologias.

Por fim, recomenda-se a utilização desses métodos educacionais, pois conforme observado, o método aplicado chamou a atenção dos alunos os quais criaram interesse por esta área.

## REFERÊNCIAS

- ALFORD, K. J. S.; CALATI, F.; CLARKE, A.; BINKS, P. N. **Creating a spark for Australian science through integrated nanotechnology studies at St. Helena secondary college.** Journal of Nano Education. Vol. 1, p. 68–74, 2009.
- BARUAH, S.; DUTTA, J. **Nanotechnology applications in pollution sensing and degradation in agriculture: a review.** Environmental Chemistry Letters. Vol. (3), p. 191-204, 2009.
- BLONDER, R.; SAKHNINI, S. **Teaching two basic nanotechnology concepts in secondary school by using a variety of teaching methods.** Chemistry Education Research and Practice. Vol. 13, p. 500-516, 2012.
- CARVER, J. S. **Instructional decision making of high school science teachers.** Illinois State University. Dissertation, 2006.
- CONTRI, R. V.; KULKAMP-GUERREIRO, I. C.; SILVA, S. J. da et al. **Nanoencapsulation of Rose-Hip Oil Prevents Oil Oxidation and Allows Obtainment of Gel and Film Topical Formulations.** AAPS PharmSciTech. Vol. 17(4), p. 863-871, 2016.
- DUNCAN, T. V. **Applications of nanotechnology in food packaging and food safety: Barrier materials, antimicrobials and sensors.** Journal of Colloids and Interface Science. Vol. 363(1), p. 1-24, 2011.
- ELSTER, D. **Biology in context: Teachers' professional development in learning communities.** Journal of Biological Education. Vol. 43(2), p. 53–61, 2009.
- ERNST, J. V. **Nanotechnology Education: Contemporary Content and Approaches.** The Journal of Technology Studies. 2009.
- FALVO, M. R.; CLARY, G. J.; TAYLOR, R. M.; et al. **Bending and buckling of carbon nanotubes under large strain.** Nature. Vol. 389(6651), p. 582–584, 1997.
- FOGAÇA, J. R. V. **Superfície de Contato e Velocidade das Reações.** Brasil Escola. Disponível em: <<https://brasilecola.uol.com.br/quimica/superficie-contato-velocidade-das-reacoes.htm>>. Acesso em: 21/11/2018.
- GARDNER, G. E.; JONES, M. G. **Bacteria buster: Testing antibiotic properties of silver nanoparticles.** American Biology Teacher. Vol. 71(4), p. 231-234, 2009.
- GERBERICH, W. W.; MOOK, W. M.; PERREY, C. R. et al. **Superhard silicon nanospheres.** Journal of the Mechanics and Physics of Solids. Vol. 51(6), p. 979–992, 2003.
- GILBERT, J. K. **On the nature of “context” in chemical education.** International Journal of Science Education. Vol. 28(9), p. 957–976, 2006.

GREENBERG, A. **Integrating nanoscience into the classroom: perspectives on nanoscience education projects.** ACS Nano. Vol. 3(4), p. 762-769, 2009.

HARMER, A. J.; COLUMBA, L. **Engaging middle school students in nanoscale science, nanotechnology, and electron microscopy.** Journal of Nano Education. Vol. 2, p. 91–101, 2010.

HO, S.; SCHEUFELE, D.; CORLEY, E. **Making sense of policy choices: Understanding the roles of value predispositions, mass media, and cognitive processing in public attitudes toward nanotechnology.** Journal of Nanoparticle Research. Vol. 12(8), p. 2703–15, 2010.

HUTCHINSON, K.; BODNER, G. M.; BRYAN, L. **Middle-and High-School Students' Interest in Nanoscale Science and Engineering Topics and Phenomena.** Journal of Pre-College Engineering Education Research (J-PEER). Vol. 1 (1), p. 30-39, 2011.

JAMISON, A.; MEJLGAARD, N. **Contextualizing Nanotechnology Education: Fostering a Hybrid Imagination in Aalborg, Denmark.** Science as Culture. Vol. 19(3), p. 351-368, 2010.

JONES, M. G.; ANDRE, T.; SUPERFINE, R.; TAYLOR, R. **Learning at the nanoscale: The impact of students' use of remote microscopy on concepts of viruses, scale, and microscopy.** Journal of Research in Science Teaching. Vol. 40(3), p. 303-322, 2003.

JONES, M. G.; PAECHTER, M.; GARDNER, G. et al. **Teachers' concepts of spatial scale. An international comparison between Austrian, Taiwanese, and the United States.** International Journal of Science Education. P. 1–21, iFirst article, 2011.

JONES, M. G.; TRETTER, T.; TAYLOR, A.; OPPEWAL, T. **Experienced and novice teachers' concepts of spatial scale.** International Journal of Science Education, Vol. 30, p. 409-429, 2008.

JONES, M. G.; BLONDER, R.; GARDNER, G. E. et al. **Nanotechnology and Nanoscale Science: Educational challenges.** International Journal of Science Education. Vol. 35(9), p. 1490-1512, 2013.

KEYVANI, A. **Huge opportunities for industry of nanofibrous concrete technology.** International Journal of Nanoscience and Nanotechnology. Vol. 3(1), p. 3-12, 2007.

KUMAR, D. D. **Nanoscale science and technology in teaching.** Australian Journal of Education in Chemistry. Vol. 68, p. 20-22, 2007.

KURTZ, A.; ANDERSON, M.; KAR, T. **Pilot program to integrate nanotechnology at Utah's high schools.** SPIE Digital Library. Vol. 6328, 2006.

MAJETICH, S. A.; JIN, Y. **Magnetization directions of individual nanoparticles.** Science. Vol. 284(5413), p. 470–473, 1999.

MOTT, S. M. **The size of matter: why properties change at the nanoscale.** 2018. Disponível em: <[http://teachers.yale.edu/curriculum/viewer/initiative\\_10.05.06\\_u](http://teachers.yale.edu/curriculum/viewer/initiative_10.05.06_u)>. Acesso em: 20/10/2018.

MUNIZ, M. N.; OLIVER-HOYO, M. T. **On the use of analogy to connect core physical and chemical concepts to those at the nanoscale.** Chemistry Education Research and Practice. Vol. 15, p. 807-823, 2014.

NANODAYS. **Exploring Products – Nano Sand.** 2011. Disponível em: <[http://www.nisenet.org/catalog/programs/exploring\\_products\\_-\\_nano\\_sand\\_nanodays\\_2011](http://www.nisenet.org/catalog/programs/exploring_products_-_nano_sand_nanodays_2011)>. Acesso em: 25/10/2018.

NANODAYS. **Exploring Properties - Surface Area.** 2010. Disponível em: <[http://www.nisenet.org/catalog/programs/exploring\\_properties\\_-\\_surface\\_area\\_nanodays\\_08\\_09\\_10](http://www.nisenet.org/catalog/programs/exploring_properties_-_surface_area_nanodays_08_09_10)>. Acesso em: 25/10/2018.

NANOSENSE. **The basic sense behind nanoscience.** 2004-2008. Disponível em: <<https://nanosense.sri.com/>>. Acesso em: 24/10/2018.

NANOYOU. 2010. Disponível em: <<https://nanoyou.eu/>>. Acesso em: 25/10/2018.

PANYALA, N.; PENA-MENDEZ, E.; HAVEL, J. **Gold and nano-gold in medicine: Overview, toxicology and perspectives.** Journal of Applied Biomedicine. Vol. 7, p. 75–91, 2009.

PETROS, R.; DiSIMONE, J. **Strategies in the design of nanoparticles for therapeutic applications.** Nature Reviews Drug Discovery. Vol. 9, p. 615–627, 2010.

PLANINSIC, G.; KOVAC, J. **Nano goes to school: A teaching model of the atomic force microscope.** Physics Education. Vol. 43(1), p. 37-45, 2008.

QUIROLA, N.; MARQUEZ, V.; TECPAN, S.; BALTAZAR, S. E. **Didactic Proposal to include Nanoscience and Nanotechnology at high School curriculum linking Physics, Chemistry and Biology.** Journal of Physics Conference Series. Vol. 1043(1), 2018.

REED, M. A. **Quantum dots.** Scientific American. Vol. 268(1), p. 118–123, 1993.

REYNALDO, G. R. **Professor Genial.** Jundiaí: Paco Editorial, 2016.

ROCO, M. C. **Converging science and technology at the nanoscale: opportunities for education and training.** Nature Biotechnology. Vol. 21(10), p. 1247-1249, 2003.

SAKHNINI, S.; BLONDER, R. **Nanotechnology applications as a context for teaching the essential concepts of NST.** International Journal of Science Education. Vol. 38(3), p. 521-38, 2015.

SCHANK, P.; KRAJCIK, J.; YUNKER, M. **Can nanoscience be a catalyst for education reform?** In: ALLHOFF, F.; LIN, P.; MOOR, J; WECKERT, J., **Nanoethics: The ethical and social implications of nanotechnology.** Hoboken, NJ: Wiley Publishing, 2007.

SETEVENS, S.; SURTHERLAND, L.; KRAJCIK, J. **The ‘big ideas’ of nanoscale science and engineering: a guidebook for secondary teachers.** Arlington, VA: National Science Teachers Association press, 2009.

SHELLEY, T. **Nanotechnology: New promises, new dangers.** New York: Zed Books, 2006.

SRINIVAS, K. **Need of nanotechnology in education.** Science Journal of Education. Vol. 2(2), p. 58-64, 2014.

STIX, G. **Nanotechnology is all the rage. But will it meet its ambitious goals? And what the heck is it?.** Scientific American. Vol. 285(3), p. 32–37, 2001.

SULLIVAN, T. S.; GEIGER, M. S.; KELLER, J. S. et al. **Innovations in Nanoscience Education at Kenyon College.** IEEE Transactions on Education. Vol. 51(2), p. 234-41, 2008.

TOMASIK, J.; JIN, S.; HAMERS, R.; MOORE, J. **Design and initial evaluation of an online nanoscience course for teachers.** Journal of Nano Education. Vol. 1, p. 48–69, 2009.

TRETTNER, T. R. **Instructional impact on high school physics students nanoscience conceptions.** Nanotechnology Review. Vol. 4(1), 2015.

TUTOR-SÁNCHEZ, J. D. **Formación en nanociencia y nanotecnología: un reto en iberoamerica.** Revista de Física. Nº 46, p. 42-53, 2013.

VANCE, M. E.; KUIKEN, T.; VEJERANO, E. P. et al. **Nanotechnology in the real world: Redeveloping the nanomaterial consumer products inventory.** Beilstein Journal of Nanotechnology. Vol. 6, p. 1769-1780, 2015.

WALDMAN, A. S.; SCHECHINGER, L.; GOVINDARAJOO, G. et al. **The Alginate Demonstration: Polymers, Food Science, and Ion Exchange.** Journal of Chemical Education. Vol. 75(11), 1998.

WALIA, N.; DASGUPTA, N.; RANJAN, S. et al. **Fish Oil Based Vitamin D Nanoencapsulation by Ultrasonication and Bioaccessibility Analysis in Simulated Gastro-Intestinal Tract.** Ultrasonics Sonochemistry. Vol. 39, p. 623-635, 2017.

YAWSON, R. M. **A epistemological framework for nanoscience and nanotechnology literacy.** International Journal of Technology and Design Education. Vol. 22, p. 297-310, 2012.

YAWSON, R. M. **An epistemological framework for nanoscience and nanotechnology literacy.** International Journal of Technology and Design Education. Vol. 22(3), p. 297-310, 2012.

YOUTIE, J.; PORTER, A.; SHAPIRA, P.; NEWMAN, N. **Lessons from Ten Years of Nanotechnology Bibliometric Analysis.** Georgia Tech Program in Science, Technology and Innovation Policy. 2016.

## APÊNDICE A - Questionário Inicial



**Este questionário é um instrumento de coleta de dados para o trabalho de conclusão do curso de Licenciatura em Química da Universidade do Sul de Santa Catarina - Unisul**

### Instruções para o preenchimento:

-Este instrumento não será utilizado para avaliação;

- As respostas devem ser individuais;

- O seu sigilo é garantido pelo pesquisador;

1) Escreva o que você sabe sobre nanociência e nanotecnologia?

2) Quanto você acha que mede 1 nanômetro?

Entre 1 e 10 metros

Próximo a 1 centímetro

Entre 0,5 a 1 centímetro

Próximo a 0,0001 metro

Menor que 1 milímetro

Não sei

3) Quais dessas áreas você acha ter relação com a nanotecnologia?

Química, física

Direito, filosofia

Nenhum

Química, história

Não sei

4) Você acha que a nanotecnologia esta presente no seu dia a dia?

Sempre

Muitas vezes

Raramente

Nunca

5) Para você quais desses produtos geralmente possuem nanotecnologia?

Sorvetes

Band-aid

Livros

Protetor solar

Cerveja

Nenhum

Outros. Quais: \_\_\_\_\_

6) Na sua opinião quais as vantagens do uso da nanociência e da nanotecnologia?

Criação de arma biológica  
energético

Melhoras no setor agrícola, medicinal e

Produtos não regulamentados

Nenhuma

Não sei

Outros. Quais: \_\_\_\_\_

## APÊNDICE B - Questionário Final



**Este questionário é um instrumento de coleta de dados para o trabalho de conclusão do curso de Licenciatura em Química da Universidade do Sul de Santa Catarina - Unisul**

### Instruções para o preenchimento:

- Este instrumento não será utilizado para avaliação;
- As respostas devem ser individuais;
- O seu sigilo é garantido pelo pesquisador;

1) Escreva o que você sabe sobre nanociência e nanotecnologia?

2) Quanto você acha que mede 1 nanômetro?

- |   |   |
|---|---|
| <input type="checkbox"/> Entre 1 e 10 metros      | <input type="checkbox"/> Próximo a 1 centímetro |
| <input type="checkbox"/> Entre 0,5 a 1 centímetro | <input type="checkbox"/> Próximo a 0,0001 metro |
| <input type="checkbox"/> Menor que 1 milímetro    | <input type="checkbox"/> Não sei                |

3) Quais dessas áreas você acha ter relação com a nanotecnologia?

- |  |   |                                 |
|--|---|---------------------------------|
| <input type="checkbox"/> Química, física   | <input type="checkbox"/> Direito, filosofia | <input type="checkbox"/> Nenhum |
| <input type="checkbox"/> Química, história | <input type="checkbox"/> Não sei            |                                 |

4) Você acha que a nanotecnologia esta presente no seu dia a dia?

- Sempre     Muitas vezes     Raramente     Nunca

5) Para você quais desses produtos geralmente possuem nanotecnologia?

- |   |                                   |                                 |
|---|-----------------------------------|---------------------------------|
| <input type="checkbox"/> Sorvetes             | <input type="checkbox"/> Band-aid | <input type="checkbox"/> Livros |
| <input type="checkbox"/> Protetor solar       | <input type="checkbox"/> Cerveja  | <input type="checkbox"/> Nenhum |
| <input type="checkbox"/> Outros. Quais: _____ |                                   |                                 |

6) Na sua opinião quais as vantagens do uso da nanociência e da nanotecnologia?

- |  |   |
|--|---|
| <input type="checkbox"/> Criação de arma biológica   | <input type="checkbox"/> Melhoras no setor agrícola, medicinal e energético |
| <input type="checkbox"/> Produtos não regulamentados | <input type="checkbox"/> Nenhuma  |
| <input type="checkbox"/> Não sei                     | <input type="checkbox"/> Outros. Quais: _____                               |

7) Você acha importante discutir nanotecnologia no ensino médio? Justifique.