

INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DA  
PARAÍBA  
CAMPUS JOÃO PESSOA  
COORDENAÇÃO DO CURSO SUPERIOR DE LICENCIATURA EM QUÍMICA

ISABELE DA SILVA FRANCELINO

**UTILIZAÇÃO DE NANOPARTÍCULAS MAGNÉTICAS NUMA  
ABORDAGEM DA CIÊNCIA, TECNOLOGIA E SOCIEDADE PARA  
A CONTEXTUALIZAÇÃO NO ENSINO DE QUÍMICA**

**João Pessoa – PB**

**Novembro de 2018**

ISABELE DA SILVA FRANCELINO

**NANOCIÊNCIA E NANOTECNOLOGIA: ABORDAGEM CTS  
PARA O ENSINO DE QUÍMICA**

Monografia submetida à Coordenação do Curso de Licenciatura em Química do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia da Paraíba, Campus João Pessoa, como requisito para a conclusão do Curso de Licenciatura em Química.

Orientadora: Profa. Dr<sup>a</sup> Alessandra Marcone  
Tavares Alves de Figueirêdo Co-  
orientador: Prof. Dr. Inakã Silva Barreto

**João Pessoa – PB**

**Novembro de 2018**

NANOCIÊNCIA E NANOTECNOLOGIA: ABORDAGEM CTS PARA O ENSINO DE QUÍMICA

ISABELE DA SILVA FRANCELINO

Monografia submetida à aprovação em: 01 / 11 / 2018

Parecer:

Após discussão oral, foi considerada aprovada pela banca examinadora.

Banca: *Alexandra Tavares Alves de Figueiredo*  
Prof.ª Dra. Alessandra Marcione Tavares Alves de Figueiredo  
(orientadora)

*Francisco Emanuel Ferreira de Almeida*  
Prof. Dr. Francisco Emanuel Ferreira de Almeida (avaliador)

*Mércia de Lourdes Bezerra dos Santos Lima*  
Prof.ª Dra. Mércia de Lourdes Bezerra dos Santos Lima (avaliadora)

João Pessoa  
Novembro de 2018

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)  
Biblioteca Nilo Peçanha do IFPB, *campus* João Pessoa.

N815u Francelino, Isabele da Silva.  
Utilização de nanopartículas magnéticas numa abordagem da ciência, tecnologia e sociedade para a contextualização no ensino de química / Isabele da Silva Francelino. – 2019.  
TCC (Graduação - Licenciatura em Química) – Instituto Federal da Paraíba / Coordenação do Curso de Licenciatura em Química, 2018.  
Orientação : Profa. D.ra Alessandra M. Tavares Alves de Figueirêdo, Prof. D.r Inakã Silva Barreto.

1. Química experimental. 2. Nanociência – nanotecnologia. 3. Nanopartículas magnéticas. 4. Ensino de química. 5. Ciência e Tecnologia – sociedade. I.Título.

CDU 542:620.3(043)

Lucrecia Camilo de Lima  
Bibliotecária  
CRB 15/132

“E ainda que tivesse o dom de profecia, e conhecesse todos os mistérios e toda a ciência, e ainda que tivesse toda fé, de maneira tal que transportasse os montes, e não tivesse amor, nada seria.”

(I Coríntios 13:2, Bíblia Sagrada)

## **AGRADECIMENTOS**

Inicialmente agradeço a Deus, que é Aquele que desde o início da minha vida tem me amado e sustentado até hoje. Com Sua indescritível sabedoria, criou minuciosamente cada detalhe deste universo, e, por isso, a Ti, a Jesus Cristo e ao Espírito Santo seja toda Honra, Glória e Louvor! Sou eternamente grata a Ti, Pai.

Agradeço aos meus genitores Rita de Cássia (*in memoriam*) e José Ednaldo e a minha irmã, Laís Francelino, os quais me amaram, educaram e sempre fizeram o impossível ser possível, para que eu pudesse alcançar meus objetivos, me incentivando a estudar e ser uma pessoa melhor. Nem sempre foi fácil, todavia, vocês nunca desistiram de mim. Não posso deixar de citar meus sobrinhos Layla e Vitor, meus bens preciosos. Vocês são minha essência, meu combustível.

Minhas avós Océlia e Rita e meus avôs Sebastião e José Batista vocês também são dignos de gratidão, pois, seus exemplos de vida me ensinaram que precisamos sim ser sonhadores, mas sem esquecer da leveza e humildade. As minhas tias Aparecida, Edna, Edileusa, Paula (e marido), Sofia (e marido) e meus tios Erick, Paulo (e esposa), Silviano e Valmir (e esposa) e os (as) demais, agradeço pelo cuidado, pela força e pelo amor para comigo. Espero um dia poder retribuir em dobro tudo o que fizeram por mim. Primos (as), vocês também não poderiam ficar de fora, em especial Annyelle, Bianca, Milena, Andressa, Eliabe, João Paulo e os demais que infelizmente a distância insiste em ficar entre nós, entretanto, não impedem que eu esteja na torcida por vocês, sempre!

A todos meus amigos (as) que torceram e comemoraram a minha entrada no curso, em especial Aryellen e Sheila que quando souberam da minha aprovação, fizeram questão de ir na minha casa jogar ovo com farinha, depilar minha sobancelha (nunca vou esquecer disto) e, assim, de maneira um tanto descontraída, comemorar o início desta longa caminhada que foi minha vida acadêmica.

Agradeço a minha turma 2014.1, sobretudo a Geniellen Paiva, sua amizade é fundamental para mim. Emerson Gonçalves, sua força de vontade me inspirou em muitos momentos. Com Marconi Júnior, você e eu formamos o melhor grupo de 'Não Amigos'. E Daniel Gabriel, um amigo para todas as horas. As aulas sem vocês não seriam as mesmas. Grata pelos incentivos, lanchinhos nos intervalos, fotos de resolução de questões, força nos dias difíceis,

reciprocidade nos dias de alegria e todos os demais momentos ímpares que vivemos. A convivência permitiu que eu aprendesse a amá-los e admirá-los; estarei sempre na torcida por vocês!

A Mayzza, Mileny e Edna, que me fizeram entender a força que a mulher tem e que podemos sim conquistar o que quisermos, desde que tenhamos dedicação. E os demais colegas: Thaiane Brito, Ítalo Assis, Lucas Caetano, Adriana Costa, Cida Idalina, Carlos Alberto, Isla Marcolino, Jéssica Lorena, Bruno Vasconcelos, Joab Barbosa, Joselito Júnior, Eliel Júnior e os demais que de alguma forma cruzaram meu caminho. Obrigada pela oportunidade de ter compartilhado conhecimento com vocês.

Sou infinitamente grata ao Programa de Educação Tutorial – PET Química, que na tutoria do professor Dr. Jailson Machado me acolheu desde o segundo semestre até agora e foi onde pude crescer academicamente, por trabalhar a tríade pesquisa, ensino e extensão; e pessoalmente através da convivência com pessoas fantásticas, inteligentes e humildes. Por isso, agradeço a todos os PETianos que estiveram comigo nestes últimos anos, cumprindo 20 horas semanais das 8 horas às 12 horas, entre greves e paralisações, viagens (as melhores) em especial a Emerson, Joedna, Mayzza, Layce, Mileny, Henrique Adriana, Marconi, Bruno Enedino, Lucas Oliveira, Lucas Rodrigues, Fernanda, Idaiane, Davi, Joselito; e a atual tutora, professora Dra. Alessandra Figueiredo.

Também agradeço ao Programa Despertando Vocações para as Licenciaturas – PDVL e ao coordenador professor Dr. Gesivaldo Jesus pela oportunidade de poder contribuir nas atividades deste programa e, em contrapartida, agregar mais experiência e conhecimento ao meu currículo.

À coordenadora Ms. Suely Carneiro, que mais do que todos esteve na torcida da minha conclusão, sempre dando suporte no que eu precisasse. Também deixo meus singelos agradecimentos aos professores (as) do curso, Dra. Márcia Bezerra, Dra. Alessandra Figueirêdo, PhD. Geovana Vargas, Ms. Fátima Vilar, Dra. Mônica Montenegro, Dr. Sérgio Bezerra, Dr. Jailson Machado, PhD. Carlos Alberto, Dr. Francisco Emanuel, Dr. Jorge Gonçalo, Dr. Gesivaldo Jesus, Dr. Edvaldo Amaro, Ms. Ericka Anulina, Dr. Francisco Nobre, Ms. Regina e todos os demais. Obrigada pelo incentivo e pelos exemplos de profissionais que são. Vocês foram essenciais na minha formação!

Deixo um agradecimento especial ao meu co-orientador, professor do IFPB Campus Monteiro, Dr. Inakã Barreto, o qual ouviu minhas ideias e despertou ainda mais minha curiosidade sobre o tema; e a professora Dra. Alessandra Figueirêdo que foi bastante solícita ao meu convite para orientação.

Aos técnicos do laboratório de Química, Janainy e Jason, por sempre me auxiliarem nas aulas e pesquisas, e ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia da Paraíba – IFPB Campus João Pessoa por todo o apoio. A todos os funcionários da instituição em oferecer suporte nas atividades de extensão, bem como disponibilizar espaço, para os momentos de estudo.

Por fim, quero agradecer aos que não citei, que direta ou indiretamente, contribuíram significativamente na minha formação e vida nestes últimos anos.

## RESUMO

Na modernidade, o indivíduo tem se habituado a fazer uso da ciência e da tecnologia, de tal forma, que estas já estão inseridas de forma intrínseca na sociedade. Um dos principais intuitos da ciência é buscar propostas inovadoras que melhorem a qualidade de vida das pessoas. Diante disto, surgem os estudos em escala nanométrica, em outras palavras, a Nanociência e Nanotecnologia (N&N), que têm como intuito desenvolver materiais com propriedades melhoradas ou totalmente novas. Dessa forma, o objetivo desta pesquisa foi desenvolver e aplicar uma sequência didática da temática N&N, através de uma abordagem com enfoque na vertente Ciência, Tecnologia e Sociedade (CTS), na disciplina Química, por meio de aulas expositivas e experimentais, para os alunos do Ensino Médio Integrado do IFPB Campus João Pessoa. A metodologia desta pesquisa baseou-se nas abordagens qualitativa e quantitativa, de cunho participante. A pesquisa foi desenvolvida por intermédio do Curso de Química Experimental do Ensino Médio (CQEEM) ofertado pelo Programa de Educação Tutorial (PET) Química e foi dividida em cinco encontros, em que se aplicou, a princípio, um Questionário de Sondagem (QS), posteriormente, foram ministradas aulas expositivas contextualizadas e realizada a experimentação. Através dos dados coletados no decorrer da práxis, e mediante a interpretação da produção textual feita pelos discentes, foi percebido que a abordagem CTS na temática supramencionada, gerou resultados positivos, tornando o processo de ensino e aprendizagem instigante e significativo para o aluno, estimulando e despertando sua cidadania e seu senso crítico.

Palavras chaves: Nanociência, Nanotecnologia, CTS, Experimentação.

## **ABSTRACT**

In modernity, the individual has become accustomed to making use of science and technology, in such a way, that these are already inserted intrinsically in society. One of the main aims of science is to seek innovative proposals that improve people's quality of life. In the light of this, studies on nanoscale, in other words, Nanoscience and Nanotechnology (N & N), have the purpose of developing materials with improved or totally new properties. Thus, the objective of this research was to develop and apply a didactic sequence of the N & N theme, through an approach with a focus on Science, Technology and Society (CTS), in the discipline Chemistry, through expositive and experimental classes for students of the IFPB Integrated High School Campus João Pessoa. The methodology of this research was based on the qualitative and quantitative approaches, of participant nature. The research was developed through the Experimental Chemistry Course of High School (CQEEM) offered by the Program of Tutorial Education (PET) Chemistry and was divided in five meetings, in which a Questionnaire of Probing (QS) was initially applied, Subsequently, contextual lectures were given and the experiment was carried out. Through the data collected during the praxis, and through the interpretation of the textual production made by the students, it was perceived that the CTS approach in the aforementioned theme, generated positive results, making the teaching and learning process exciting and meaningful for the student, stimulating and awakening their citizenship and their critical sense.

Keywords: nanoscience, nanotechnology, CTS, experimentation.

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

<b>Figura 1</b> - Imagem de Microscopia Eletrônica de Tunelamento da sigla IBM, composta por átomos de Xe depositados numa superfície de Ni cristalino.....	19
<b>Figura 2</b> - Escala Nanométrica.....	23
<b>Figura 3</b> - Áreas do conhecimento associadas a N&N.....	25
<b>Figura 4</b> - Sequência da estrutura de aplicação da CTS no Ensino de Ciências.....	32
<b>Figura 5</b> - Link disponível para inscrição no CQEEM.....	36
<b>Gráfico 1</b> - Respostas referentes a Questão 1: “Você conhece a Nanociência e Nanotecnologia (N&N)? Justifique.”.....	40
<b>Gráfico 2</b> - Respostas referentes a Questão 2: “Em qual(is) disciplina(as) você acredita que a Nanociência pode ser abordada?”.....	41
<b>Gráfico 3</b> - Respostas referentes a Questão 3: “Cite um exemplo em que N&N possa estar presente no seu cotidiano.”.....	42
<b>Figura 6</b> - Alguns modelos atômicos.....	44
<b>Figura 7</b> - Fio de cabelo no microscópio.....	45
<b>Figura 8</b> - Exemplo de objetos e dispositivos em micrometro e nanometro.....	46
<b>Figura 9</b> - Ciclos da aplicação na N&N.....	40
<b>Figura 10</b> - Alunas sendo orientadas sobre como proceder durante a pesagem dos reagentes.....	51
<b>Figura 11</b> - Solução de Fe <sub>3</sub> O <sub>4</sub> (magnetita).....	52
<b>Figura 12</b> - Sequência do comportamento das nanopartículas ao aproximar o ímã de neodímio em três momentos.....	52

## TABELAS

<b>Tabela 1</b> - Investimentos governamentais destinados à pesquisa e desenvolvimento, entre 1997 e 2005 (milhões de dólares) ....	20
<b>Tabela 2</b> - Fatos históricos da nanociência e nanotecnologia em ordem cronológica.....	21
<b>Tabela 3</b> - Características dos métodos <i>Bottom-up</i> e <i>Top-down</i> .....	24
<b>Tabela 4</b> - Resumo das atividades realizadas em todos os encontros.....	37
<b>Tabela 5</b> - Múltiplos e submúltiplos do metro.....	44

## LISTA DE SIGLAS E ABREVIações

<b>AFM</b>	( <i>Atomic Force Microscope</i> ) Microscópio de força atômica
<b>AS</b>	Área Superficial
<b>ENEM</b>	Exame Nacional do Ensino Médio
<b>CNPq</b>	Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico
<b>CQEEM</b>	Curso de Química Experimental do Ensino Médio
<b>CTS</b>	Ciência, Tecnologia e Sociedade
<b>CTSA</b>	Ciência, Tecnologia, Sociedade e Ambiente
<b>IBM</b>	( <i>International Business Machines</i> ) Máquinas de Negócio Internacionais
<b>IFPB</b>	Instituto Federal da Paraíba
<b>IQ</b>	Instituto de Química
<b>MCT</b>	Ministério da Ciência e Tecnologia
<b>N&amp;N</b>	Nanociência e Nanotecnologia
<b>NNI</b>	( <i>National Nanotechnology Initiative</i> ) Iniciativa Nacional de Nanotecnologia
<b>OCNEM</b>	Orientações Curriculares Nacionais do Ensino Médio
<b>PCN+</b>	Parâmetros Curriculares Nacionais +
<b>PET</b>	Programa de Educação Tutorial
<b>QS</b>	Questionário de Sondagem
<b>RMN</b>	Ressonância Magnética Nuclear
<b>SC</b>	Superfície de Contato
<b>SI</b>	Sistema Internacional de Unidades
<b>SPM</b>	( <i>Scanning Probe Microscopy</i> ) Microscópio Eletrônico de Varredura por Sonda
<b>STM</b>	( <i>Scanning Tunneling Microscope</i> ) Microscópio Eletrônico de Tunelamento de Varredura
<b>UFRGS</b>	Universidade Federal do Rio Grandes do Sul
<b>UFPE</b>	Universidade Federal de Pernambuco
<b>UJP</b>	Universidade João Pessoa
<b>Unicamp</b>	Universidade Estadual de Campinas

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO</b> .....	15
<b>2</b>	<b>OBJETIVO</b> .....	17
2.1	OBJETIVO GERAL.....	17
2.2	OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	17
<b>3</b>	<b>FUNDAMENTAÇÃO</b> .....	18
3.1	NANOCIÊNCIA E NANOTECNOLOGIA.....	18
3.1.1	Fatos Históricos da Nanociência e Nanotecnologia: cenário mundial e nacional.....	18
3.1.2	Nanociência e Nanotecnologia: o que é?.....	22
3.1.3	Características, Aplicações e Consequências da Nanociência e Nanotecnologia.....	25
3.1.3.1	Nanopartículas magnéticas.....	27
3.2	CIÊNCIA, TECNOLOGIA E SOCIEDADE (CTS).....	29
3.2.1	Uma breve descrição de Ciência, Tecnologia e Sociedade.....	29
3.2.2	Ciência, Tecnologia e Sociedade no Ensino de Química.....	30
3.3	EXPERIMENTAÇÃO NO ENSINO DE QUÍMICA.....	33
<b>4</b>	<b>PROCEDIMENTO METODOLÓGICO</b> .....	34
4.1	TIPO DA PESQUISA.....	34
4.2	CONTEXTO DA PESQUISA.....	34
4.3	INSTRUMENTOS DE PESQUISA.....	35
4.4	ESTRUTURA DA PESQUISA.....	35
<b>5</b>	<b>RESULTADOS E DISCUSSÃO</b> .....	40
5.1	Primeiro Encontro.....	40
5.2	Segundo Encontro.....	45
5.3	Terceiro Encontro.....	50
5.4	Quarto Encontro.....	51
5.5	Quinto Encontro.....	53
<b>6</b>	<b>CONSIDERAÇÕES FINAIS</b> .....	55
	<b>REFERÊNCIAS</b> .....	<b>56</b>
	<b>APÊNDICE I</b> .....	<b>60</b>
	<b>APÊNDICE II</b> .....	<b>62</b>
	<b>APÊNDICE III</b> .....	<b>63</b>

## 1 INTRODUÇÃO

Na modernidade, o indivíduo tem se habituado a fazer o uso da ciência e da tecnologia, de tal forma, que estas já estão inseridas intrinsecamente na sociedade. Estamos de certa forma, adaptados com essa realidade, em que há uma autonomização da razão científica, em todas as esferas do comportamento humano (SANTOS; MORTIMER 2002). Porém, devido a esse afeito, boa parte da sociedade faz uso da ciência e tecnologia por meio de um conhecimento elementar das mesmas, acarretando diversas consequências, como problemas ambientais.

Diante disto, a abordagem de Ciência, Tecnologia e Sociedade (CTS) surge como forma de alfabetizar a população, no que concerne à Ciência e Tecnologia, tornando-as mais significativas e despertando a consciência cidadã. Neste caso, a escola manifesta-se como um dos veículos essenciais para o uso da CTS, pois contribui para a construção de atitudes críticas diante de situações sociais que envolvem conhecimentos científicos e tecnológicos, bem como tomada de decisões sobre temas referentes a essas duas vertentes (BRASIL, 2006).

Nesta conjuntura, espera-se que o ser humano entenda que a ciência propõe não apenas o estudo de fenômenos e elaboração de conceitos, mas busque propostas inovadoras que melhorem a qualidade de vida das pessoas.

Uma destas propostas são as pesquisas em escala nanométrica que estão sendo exploradas, principalmente, nas áreas de saúde e ciências naturais; como também em indústrias, informática, entre outros.

Os termos mais designados ao estudo em escala nanométrica são: Nanociência e Nanotecnologia (N&N). Estes “se referem, respectivamente, ao estudo e às aplicações tecnológicas de objetos e dispositivos que tenham ao menos uma de suas dimensões físicas menores que, ou da ordem de algumas dezenas de nanômetros” (LÊDO, HOSSNE e PEDROSO 2006, p.1).

É válido frisar que, atualmente a nanotecnologia é um dos principais focos das atividades de pesquisa, desenvolvimento e inovação em todos os países industrializados (PISCOPO *et al.*, 2014).

A nanotecnologia tem sido de grande importância na prevenção da poluição ou dos danos indiretos ao meio ambiente, pois as nanopartículas tem a capacidade de remover contaminantes que os tratamentos comuns não são capazes de remover. No entanto, o minúsculo tamanho das nanopartículas permite sua difusão e transporte na atmosfera, em águas e, em solos, ao passo que dificulta sua remoção por técnicas usuais de filtração (QUINA, 2004).

No meio educacional os termos N&N, vez por outra, encontram-se citados em livros didáticos e também no Exame Nacional do Ensino Médio (ENEM). Entretanto, pelo fato de tais termos, de certa forma, revolucionarem o conhecimento científico-tecnológico, considera-se ainda que poucas reflexões no âmbito da educação estão sendo apontadas; e isto implica na precária formação social e tecnológica dos discentes, que saem das escolas sem o mínimo conhecimento sobre uma tecnologia que está provocando verdadeira revolução no modo de pensar e fazer ciência e tecnologia (FERNANDES, 2015).

Dentro desse contexto, a presente práxis tem como objetivo buscar a inserção da N&N, com uma abordagem CTS, no ensino de Química, por meio da contextualização de aulas expositivas e experimentais, para os alunos do Ensino Médio Integrado do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia da Paraíba (IFPB) - Campus João Pessoa, com o intuito de elucidar os conhecimentos sobre as aplicações e consequências, dos estudos em escala nanométrica.

## 2 OBJETIVOS

### 2.1 OBJETIVO GERAL

Desenvolver e aplicar uma sequência didática através da contextualização do Ensino de Química numa abordagem CTS, para os alunos do 3º ano do Curso Técnico de Edificações Integrado ao Ensino Médio do IFPB - Campus João Pessoa.

### 2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Agregar conhecimentos prévios dos alunos do 3º ano do Curso Técnico de Edificações Integrado ao Ensino Médio, com conhecimentos científicos sobre a temática Nanociência e Nanotecnologia, relacionando a Química com o tema em questão;
- Selecionar conceitos para embasamento teórico e experimental sobre Nanociência e Nanotecnologia para os alunos envolvidos nesta pesquisa;
- Aplicar uma sequência didática de aulas teóricas e experimentais, enquanto metodologia para o Ensino de Química;
- Despertar o senso crítico desses alunos, frente à importância de obter conhecimentos sobre os acontecimentos no cotidiano, em alusão a Nanociência e Nanotecnologia.

### 3 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

#### 3.1 NANOCIÊNCIA E NANOTECNOLOGIA

##### 3.1.1 Fatos históricos da Nanociência e Nanotecnologia: cenário mundial e nacional

A nanociência e a nanotecnologia estão presentes na natureza há bilhões de anos, desde quando se discutia sobre a estrutura da matéria. Mas, o marco histórico no meio científico aconteceu durante uma reunião da Sociedade Americana de Física realizada no Instituto de Tecnologia da Califórnia (Caltech), em 1959, onde Richard Phillips Feynman proferiu uma frase que diz “*There’s plenty of room at the bottom*” (“Há mais espaço lá embaixo”!). Feynman acreditava que seria possível a manipulação de elementos, átomo por átomo, molécula por molécula (MARQUES, 2014).

Contudo, apenas em 1974, o termo “nanotecnologia” foi mencionado pelo pesquisador Norio Taniguchi, da Universidade de Tóquio, para referir à habilidade de construir materiais precisamente ao nível do nanômetro (PEIXOTO, 2013).

Passados mais de 20 (vinte) anos depois da declaração de Feynman, Peixoto (2013, p. 70) discorre que:

A barreira para a visualização na escala nanométrica foi quebrada apenas em 1981 quando dois físicos da IBM de Zurich, Gerd Binnig e Heinrich Rohrer, conseguiram a patente do Microscópio Eletrônico de Tunelamento de Varredura (*Scanning Tunneling Microscope* – STM) que permitiu, a partir de então, a visualização de imagens em escala nanométrica. A partir desse microscópio foi desenvolvido, em 1986, o Microscópio de Força Atômica (Atomic Force Microscope – AFM), compondo a Microscopia Eletrônica de Varredura por Sonda (*Scanning Probe Microscopy* – SPM), permitindo, então, a visualização e manipulação de átomos e moléculas. Estas ferramentas usam sondas para projetar imagens em uma superfície com resolução atômica, e também são capazes de coletar, ‘deslizar’ e arrastar átomos ou moléculas pelas superfícies para construir nanoestruturas rudimentares.

Após o desenvolvimento destas ferramentas, a descoberta dos fulerenos, por Robert Curl, Harold Kroto e Richard Smalley, em 1985, e a publicação do livro de Eric Drexler, *Engines of Creation* em 1986, popularizou efetivamente a

nanociência e a nanotecnologia dando um salto quântico irreversível (ALVES, 2004; MARQUES, 2014).

Em 1989 aconteceu o grande feito da empresa *International Business Machines* (IBM), quando Donald Eigler manipulou 35 (trinta e cinco) átomos de xenônio (Xe) sob uma placa de níquel (Ni), para escrever a logo da empresa, conforme representado na Figura 1 (RIBEIRO e ASSIS, 2012).

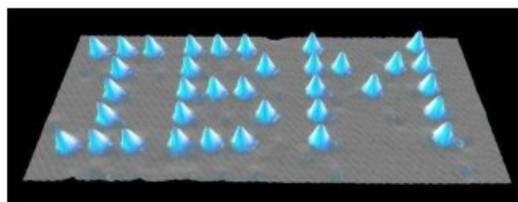


Figura 1 - Imagem de Microscopia Eletrônica de Tunelamento da sigla IBM, composta por átomos de Xe depositados numa superfície de Ni cristalino. Fonte: <<https://www.cnet.com/news/ibms-35-atoms-and-the-rise-of-nanotech/>> Acesso em dezembro 2017

Para Peixoto (2013), outra descoberta importante para a N&N foram os nanotubos de carbono, em 1991, que são estruturas cilíndricas formadas por átomos de carbono que, além de possuírem alta resistência a ruptura, são bons condutores. Considerado revolucionário, pode ser aplicado a diversos setores industriais. Em 1992 os nanocones (estruturas de carbono em forma de cone) também foram descobertos.

Fernandes e Filgueiras (2008) afirmaram, por meio de depoimentos de pesquisadores de algumas universidades, que no Brasil a N&N já estava presente nas pesquisas científicas desde a década de 80. Porém, eles não usavam o prefixo “nano” ou não se referiam especificamente a N&N em suas pesquisas. No início do século XXI, nos Estados Unidos (EUA), o lançamento da NNI (*National Nanotechnology Initiative*) levou o Brasil a atentar mais fortemente para nanotecnologia. Todavia, isso não significa que foi somente a partir daí que o Brasil começou a fazer nanotecnologia.

Entre depoimentos que Fernandes e Filgueiras (2008, p.2208) registraram, temos o de Moraes que, em 1987, no pós-doutorado nos EUA, trabalhava com sistemas de dimensões nanométricas, mas o prefixo nano ainda era incomum:

“Sempre estive trabalhando com materiais nano, apenas por perceber que estes materiais têm propriedades muito diferenciadas dos

materiais não-nano, tipo micro. Curiosamente, todos nós da área, os mais antigos, eu creio, descobrimos mais recentemente que estávamos fazendo nano.”

Como já mencionado, apenas por volta do ano 2000 quando EUA e Japão já tinham colocado a N&N na iniciativa federal (NNI), foi que o governo brasileiro, por meio do Ministério da Ciência e Tecnologia (MCT) elaborou o primeiro edital específico sobre o tema em 2001, que resultou na formação de quatro Redes Cooperativas de Pesquisa: Materiais Nanoestruturados, na Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS); Nanotecnologia Molecular e de Interfaces, na Universidade Federal de Pernambuco (UFPE); Nanobiotecnologia, na Universidade Estadual de Campinas (Unicamp); e Nanodispositivos Semicondutores e Materiais Nanoestruturados, também na UFPE (FERNANDES e FILGUEIRAS, 2008).

De acordo com Zanetti-Ramos e Creczynski-Pasa (2008), as iniciativas do MCT datam do ano 2000, sendo que, em 2002, foi realizado o primeiro curso de capacitação intitulado *First Brazilian Winter School on Nanobiotechnology*, reunindo vários grupos de pesquisa nacional e internacional.

A N&N possui aspectos bastante relevantes devido a seu crescente desenvolvimento ao longo dos anos. Isto tem movimentado significativamente a economia em nível nacional e mundial. Na Tabela 1, são apresentados investimentos governamentais em nanotecnologia, realizados no período entre 1997 a 2005. Observa-se que o crescimento nos investimentos superou 900% num período de 8 anos (ZANETTI-RAMOS e CRECZYNSKI-PASA, 2008).

Tabela 1 - Investimentos governamentais destinados à pesquisa e desenvolvimento, entre 1997 a 2005 (milhões de dólares)

País	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005
EUA	126	151	179	200	~225	~400	~650	~950	~1050
Japão	120	135	157	245	~465	~720	~800	~900	~950
EU	116	190	255	270	465	697	862	989	~1081
Outros	70	83	96	110	~380	~550	~800	~900	~1000
Total	432	559	687	825	~1535	~2350	~3100	~3700	~4100
(% de 1997)	100%	129%	159%	191%	355%	547%	720%	866%	945%

Fonte: (ZANETTI-RAMOS e CRECZYNSKI-PASA, 2008)

Conforme dito por Fernandes e Filgueiras (2008), a N&N colaboram para o desenvolvimento das indústrias e a expectativa é que, nos próximos 10 ou 15 anos, a nanotecnologia movimente um mercado de US\$ 1 trilhão (R\$

3.694.300.472.695,06), cabendo ao Brasil 1% (R\$ 3.694.300.473,00) desse faturamento. Atualmente, o faturamento de 52 empresas brasileiras fornecedoras de nanotecnologia, ultrapassa os R\$ 175 milhões, com um crescimento de 27% ao ano, numa média muito acima do mercado (CASTRO, 2018).

Em 2012, o mercado foi dominado por semicondutores, mas com a promessa de surgir novas aplicações baseadas em nanotecnologias para os segmentos farmacêuticos, de saúde, de alimentos e outros bens de consumo, devido à estabilidade da cadeia de suprimento dos nanomateriais (PISCOPO *et al.*, 2014).

Além disso, no Brasil, o Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) e o Ministério de Ciência e Tecnologia tem incentivado e investido nos estudos relacionados a nanotecnologia desde a criação das 4 redes de pesquisa em Nanociência e Nanotecnologia, nas seguintes áreas: Materiais Nanoestruturados, Interfaces e Nanotecnologia molecular, Nanobiotecnologia e Nanodispositivos Semicondutores (PISCOPO *et al.*, 2014).

Até hoje, temos várias descobertas ligadas a essa minúscula ciência. Podemos assim, afirmar que estamos a assistir nas últimas duas décadas a uma evolução científica e tecnológica rápida e sem precedentes devido a versatilidade funcional dos materiais estruturados a nanoescala (MARQUES, 2014). Na Tabela 2 temos um breve resumo destes e outros fatos históricos não citados no texto:

Tabela 2 - Fatos históricos da nanociência e nanotecnologia em ordem cronológica.

1959	- Richard Phillips Feynman proferiu uma frase que diz " <i>There's plenty of room at the bottom</i> " ("Há mais espaço lá embaixo").
1974	- Norio Taniguchi, mencionou pela primeira vez o termo "nanotecnologia".
1981	- Cientistas criam o microscópio eletrônico de tunelamento.
1985	- A descoberta dos fulerenos.
1986	- Publicação do livro de Eric Drexler, " <i>Engines of Creation</i> "; - Desenvolvimento do Microscópio de Força Atômica.
1989	- Manipulou-se 35 (trinta e cinco) átomos de xenônio (Xe) sob uma placa de níquel (Ni), para escrever a logo da empresa IBM.
1991	- Os nanotubos foram descobertos por Sumiu Lijima.

1992	- Descoberta dos nanocones.
1993	- Criado primeiro laboratório de pesquisa em nanotecnologia nos Estados Unidos.
1997	- Nadrian Seeman cria primeiro nanocomposto baseado em DNA; - Eletrônica baseada em um único nanotubo de carbono.
2000	- Os EUA lançam uma iniciativa nacional de apoio à nanotecnologia com investimento na ordem de 400 milhões de dólares.
2001	- Equipe da IBM (EUA) constrói rede de transistores usando nanotubos; - Iniciativa brasileira em nanotecnologia; - A nanotecnologia foi colocada como uma iniciativa federal nos EUA.
2002	- Comissão Europeia estabelece nanotecnologia como prioridade; - Centro de Rede de Pesquisa em Nanotecnologia no Japão.
2007	- Investimento de US\$ 8 bilhões em nanotecnologia pela Rússia.
2008	Publicação do “ <i>Nanotechnology Roadmap</i> ” pela Coréia do Sul

Fonte: Adaptada de Alves (2004) e Peixoto (2013).

### 3.1.2 Nanociência e a Nanotecnologia: o que é?

O prefixo “nano” é de origem grega e significa anão. Usa-se este prefixo para indicar partículas com ordem de grandeza entre  $1 \times 10^{-7} \text{m}$  e  $1 \times 10^{-9} \text{m}$ , ou seja, ordem de grandeza nanométrica ( $1 \text{ nm} = 1$  bilionésimo do metro) (REBELLO, ARGYROS, *et al.*, 2012).

Por definição, a nanociência é o estudo de materiais nanoparticulados e suas respectivas propriedades. Já nanotecnologia é a habilidade de manipular estruturas em escala nanométrica com o objetivo de desenvolver materiais com propriedades melhoradas ou totalmente novas (SILVA, VIANA e MOHALLEM, 2009).

As propriedades dos materiais nanoparticulados tem sua discrepância por apresentarem comportamentos diferentes de materiais macroscópicos, pois, nessas dimensões, o material passa a se comportar com base na física quântica. Isso porque propriedades térmicas, ópticas, magnéticas, elétricas e também a

superfície de contato, podem ser atingidas quando certos materiais são submetidos à miniaturização em nanopartículas, mantendo a mesma composição química (RIBEIRO e ASSIS, 2012).

Podemos observar na Figura 2 materiais nanométricos de origem natural (ex. fita de DNA) e sintetizado (nanotubos de carbono).

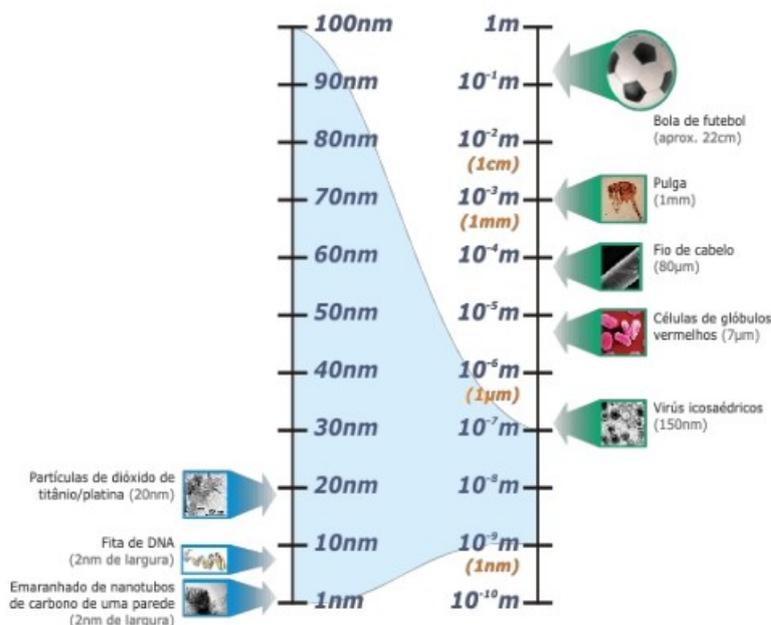


Figura 2 – Representação didática da escala nanométrica. Fonte: <[http://nanotech.ica.ele.puc-rio.br/nano\\_introducao.asp](http://nanotech.ica.ele.puc-rio.br/nano_introducao.asp)> Acesso em janeiro de 2018.

Dessa forma, além da ocorrência natural e da atividade humana, pode-se obter nanomateriais por meio de dois procedimentos chamados: *bottom-up* e *top-down*. O *bottom-up* (“de baixo para cima”): é a criação de nanopartículas ou nano objetos “do zero” pela deposição lenta e controlada de átomos sobre uma superfície bem polida e regular. O *top-down* (“de cima para baixo”): é a construção de nanomateriais ou nano objetos a partir de um material macroscópico (MELO e PIMENTA, 2004). A Tabela 3 contém exemplos destes dois procedimentos.

Tabela 3 - Características dos métodos *Bottom-up* e *Top-down*.

*Bottom-up*

*Top-down*

<p>A <b>auto-organização</b> ou <b>automontagem</b> controla o processo natural de agrupamentos de partículas quando átomos de germânio são evaporados sobre uma superfície de silício, por exemplo.</p>	<p>Na <b>fotolitografia</b> o material é coberto por uma máscara com furos manométricos e depois aplica-se luz violeta, tornando-o fotossensível que sofre alterações químicas nos pontos determinados, permitindo trabalhar com o material que foi recoberto.</p>
<p>O <b>sol-gel</b> corresponde a transição de um sistema de fase líquida para sólida. Processo muito utilizado para fazer vidros e cerâmicas a partir de soluções ou colóides.</p>	<p>A <b>nanolitografia de raio de elétrons</b> utiliza raios de elétrons para alterar o material e criar linhas de 30 nm de diâmetro, por exemplo.</p>
<p>Na <b>montagem determinada</b> os átomos e moléculas são manipulados em determinada ordem, um por um, por meios de instrumentos como, por exemplo, o STM.</p>	<p>Na <b>nanolitografia de raio de íons</b>, os íons interagem química e fisicamente com o material permitindo a construção de materiais com novas propriedades.</p>

Fonte: Adaptado (PEIXOTO, 2013)

Como consequência em discernir as propriedades apresentadas, entende-se que:

Antes da nanotecnologia, o pensamento tecnológico estava focado na manipulação de substâncias para a formação de produtos. Com a nanotecnologia, é possível combinar átomos para a formação dos mesmos produtos, só que com propriedades diferenciadas (SILVA, VIANA e MOHALLEM, 2009, p. 176).

Nessa esfera, é perceptível a possibilidade de inovação que a nanociência proporciona, ao ser possível apresentar outras propriedades para uma mesma substância. Desde o surgimento, a nanociência tem entusiasmado não só o meio científico, como também empresários que, a partir de seus investimentos, movimentam a economia, gerando empregos

### 3.1.3 Características, aplicações e consequências da Nanociência e Nanotecnologia

A N&N concede-nos uma grande variedade em aplicações nas mais diversas áreas do conhecimento, interligando, por exemplo, conceitos físicos e químicos, ou seja, suas habilidades são desenvolvidas a partir de uma base científica interdisciplinar, assim como podemos ver na Figura 3. Entende-se como característica de uma proposta interdisciplinar, proporcionar “uma maior abrangência do conhecimento, de apreensão de novas técnicas pedagógicas sem abrir mão dos conhecimentos científicos, sistemáticos e especializados que constituem as disciplinas” (FERNANDES, 2015, p. 71).



Figura 3 - Áreas do conhecimento associadas a N&N. Fonte:

<<http://pensebemaulas.com/nanociencia-e-nanotecnologia-a-revolucao-do-pequeno/>> Acesso em março de 2018

A N&N tem contribuído significativamente com o desenvolvimento da indústria, o que tem motivado diversos segmentos, entre estes: têxtil, cosméticos, fármacos, informática, medicina e, outros tantos. Para cada um desses casos citados, existe uma ou mais técnicas específicas empregadas.

Nos cosméticos há o uso de nanocápsulas para proteger ativos sensíveis, reduzir odores indesejáveis e evitar incompatibilidade entre os ingredientes de um creme antirrugas com vitamina A e filtros solares, por exemplo (DAUDT, EMANUELLI, *et al.*, 2013). Tomando como exemplo também a indústria têxtil,

temos os tecidos tecnológicos (também conhecidos como microfibras) que alteram as fibras, possuindo como uma de suas características a impermeabilidade de água, óleos, odores e insetos. Tecidos de algodão passaram a repelir a água e não manchar; diversos tipos de tecidos poderão receber novos tingimentos de forma mais sustentável, a partir do momento que não será mais necessário a utilização de substâncias tóxicas e prejudiciais para o meio ambiente (REZENDE, 2013).

Na eletrônica, os nanotubos de carbono têm ganhado cada vez mais espaço, pois possibilita a construção de transistores muito menores que os atuais, com conseqüente aumento, tanto da capacidade de processamento, quanto da frequência de operação.

Existe a possibilidade de que os nanotubos de carbono venham a ocupar um papel dominante na era da nanoeletrônica e, com base neles, já foram desenvolvidos em laboratórios diodos e transistores e, mais recentemente, até mesmo uma porta lógica (MELO e PIMENTA, 2004, p. 15).

Dessa forma, são notórias as conseqüências que a N&N vem causando na sociedade, economia, meio ambiente e ciência. No entanto, esta gama de aplicação tem trazido embates entres os pesquisadores. Se por um lado a N&N proporciona qualidade de vida, inovação tecnológica, estética e etc., por outro lado, tem havido certa preocupação como, por exemplo, relatos sobre danos no cérebro e fígado de peixes, provocados por fulerenos (forma alotrópica do carbono, a terceira mais estável após o diamante e a grafite), o que reforça a necessidade de maior investigação a respeito da toxicologia das nanopartículas (TOMA, 2004).

Segundo Silva, Viana e Mohallem:

[...] em termos relativos, as nanopartículas tendem a oferecer menos risco, principalmente se estiverem imobilizadas dentro de polímeros e matrizes inorgânicas, formando os chamados nanocompósitos. Mesmo assim, os cuidados observados na Química devem ser transportados para a nanociência, não dispensando a necessidade de regulamentação e de habilitação qualificada para lidar com o assunto (2009, p. 177).

Nesse cenário, é fundamental estudar as conseqüências, a médio e longo prazo, que a N&N pode nos trazer, por meio de leis que a regulamentem, pois, sua pequena natureza pode gerar resíduos que reagem com nosso organismo ao aplicarmos algum cosmético em nossa pele, por exemplo. De nada valerá os

inúmeros benefícios que a mesma nos proporciona, se não for feito com ética científica, colocando o bem-estar social e o ambiente, em primeiro lugar.

### 3.1.3.1 Nanopartículas Magnéticas

Nanopartículas magnéticas têm um potencial enorme para aplicações em diversos âmbitos tecnológicos, podendo ser utilizadas para fabricar nanocompósitos magnéticos, preparar fluidos magnéticos e magnetolipossomas na forma de colóides ultra-estáveis (LACAVA e MORAIS, 2004).

Essas consistem, geralmente, de óxidos de ferro [principalmente magnetita – consiste de um mineral magnético formado pelo óxido de ferro II (FeO) e óxido de ferro III (Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> - hematita)] e exibem um comportamento peculiar, o superparamagnetismo, que possibilita a aplicação de um campo magnético, sem a retenção de qualquer magnetismo residual, depois que o campo é removido (BARRETO, 2016).

Sintetizar essas nanopartículas pode ser um processo complexo devido à sua natureza coloidal, tornando desafiador encontrar condições experimentais que as produzam. A síntese destas pode ser desenvolvida com diversos métodos químicos como: síntese por decomposição térmica, reações hidrotermais, microemulsão e coprecipitação (FRANCISQUINE; SCHOENMAKER; SOUZA, 2014). As propriedades observadas nas nanopartículas podem variar dependendo da rota de síntese (ARANTES, 2010). A coprecipitação é provavelmente a via química mais simples e eficiente para a obtenção de nanopartículas magnéticas (FRANCISQUINE; SCHOENMAKER; SOUZA, 2014). A reação química de formação da Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub> (magnetita) pode ser descrita como:



As nanopartículas magnéticas podem ser aplicadas em áreas como biotecnologia, ciências biomédicas, dispositivos baseados em ferrofluidos, catálise, análises de imagem por ressonância magnética nuclear RMN e armazenamento de dados (FRANCISQUINE; SCHOENMAKER; SOUZA, 2014).

Destacam-se uma das aplicações destas nanopartículas na biomedicina, que compreendem a sua administração dentro do organismo (*in vivo*) e as

externas ao organismo (*in vitro*). As aplicações *in vivo* ainda podem ser classificadas em terapêuticas (hipertermia e carreamento de drogas) e diagnósticas (imagens de ressonância magnética nuclear), enquanto as aplicações *in vitro* compreendem essencialmente as diagnósticas (separação/seleção celular) (LACAVA e MORAIS, 2010). De acordo com Francisquine, Schoenmaker e Souza:

O carreamento de drogas (*drug delivery*) por sistemas nanoparticulados magnéticos assume importante papel pelas propriedades de serem conduzidas e retidas em uma determinada região do corpo. É considerada uma técnica valiosa para aperfeiçoar a liberação controlada de drogas diminuindo ou até evitando efeitos colaterais. A redução ocorre devido a dois motivos: a diminuição da dosagem necessária (uma vez que o fármaco está concentrado) e a restrição da ação do fármaco a uma dada região do corpo humano. Os princípios físicos envolvidos nesse tipo de aplicação são muito semelhantes aos encontrados na área de separação magnética, sendo utilizadas as forças translacionais exercidas por gradientes de campo e a funcionalização das partículas para que estas se liguem a elementos biológicos específicos (2014, p. 286).

A especificidade que os medicamentos nanomagnéticos proporcionam é a principal vantagem que reflete numa maior eficácia em tratamentos de doenças como o câncer, por exemplo, podendo o medicamento agir diretamente na área afetada e não com partes do corpo que não foram atingidas pela doença. O carreamento também pode ser direcionado a outras aplicações, como separação magnética de poluentes da água, ou seja, mantendo sua principal característica, mas para outros fins.

## 3.2 CIÊNCIA, TECNOLOGIA E SOCIEDADE (CTS)

### 3.2.1 Uma breve descrição de Ciência, Tecnologia e Sociedade

Para Marconi e Lakatos (2011), a ciência caracteriza-se como um pensamento racional, objetivo, lógico e confiável, que busca se aproximar da realidade, podendo ser submetido à experimentação para a comprovação de

suas hipóteses, demonstrando seu caráter sistemático, exato e falível, ou seja, não final e definitivo.

Em relação a tecnologia, Silva (2015, p. 14) diz que a mesma,

É um fator preponderante na economia, na política, na filosofia, na sociedade e na ciência, podendo ser compreendida como um conhecimento que nos permite controlar e transformar o mundo, tendo em vista que através do desenvolvimento de equipamentos e técnicas metodológicas, a sociedade segue avançando desde o surgimento da agricultura e o estabelecimento das primeiras sociedades.

Nas palavras de Penteadó, Carvalho e Strauhs (2011, p. 36): “A visão tradicional concebe as relações entre Ciência e Tecnologia, derivadas de um modelo linear de desenvolvimento, no qual a ciência e a tecnologia produzem riqueza que, por sua vez, proporciona o bem-estar social”. Porém, os autores acrescentam que esta visão tradicional e otimista da ciência e tecnologia não foi capaz de impedir acidentes nucleares, derramamento de petróleo e etc.

O desenvolvimento da ciência e da tecnologia tem acarretado diversas transformações na sociedade contemporânea, sendo comum “considerarmos ciência e tecnologia motores do progresso que proporcionam não só desenvolvimento do saber humano, mas, também, uma evolução real para o homem” (PINHEIRO, SILVEIRA e BAZZO, 2007, p. 72). Entretanto, para esses autores, não é recomendado confiar excessivamente na ciência e na tecnologia, pois supõe um distanciamento das mesmas, em relação às questões com as quais se envolvem.

Dessa forma, torna-se imprescindível que a população tenha acesso aos seus conhecimentos básicos e, conseqüentemente, tenha condições de avaliar e participar das decisões que venham a atingir o meio onde vive.

Para Pinheiro, Silveira e Bazzo (2007, p. 73), “[...] precisamos de uma imagem de ciência e tecnologia que possa trazer à tona a dimensão social do desenvolvimento científico-tecnológico, entendido como produto resultante de fatores culturais, políticos e econômicos.”

A ciência e a tecnologia possuem grande importância na organização das práticas sociais. Entretanto, as relações sociais também possuem igual relevância na produção, aplicação e implicações das tecnologias e conhecimentos científicos (CAMPOS, 2010).

Neste contexto, com objetivo de romper as barreiras do tradicionalismo científico-tecnológico e criar um campo envolvendo temáticas relativas aos aspectos sociais, da ciência e da tecnologia, nasce o movimento Ciência, Tecnologia e Sociedade (CTS). O movimento surgiu por volta dos anos de 1960 e 1970, sendo desenvolvida em três grandes campos: na pesquisa como alternativa de reflexão acadêmica; na política pública em defesa da regulação social da ciência e da tecnologia e na educação por intermédio de programas e materiais CTS no ensino secundário e universitário de diversos países (PENTEADO, CARVALHO e STRAUHS, 2011).

Nos últimos tempos, a população tem se preocupado com questões ambientais, pois, estas vêm causando impactos na sociedade, como: aquecimento global, chuva ácida, poluição (água, ar e solo) e etc. Dessa forma, com a finalidade de minimizar tais acontecimentos, surge a abordagem denominada Ciência, Tecnologia, Sociedade e Ambiente (CTSA), ou seja, a abordagem CTS com a inserção de uma questão ambiental (CAMPOS, 2010).

### 3.2.2 Ciência, Tecnologia e Sociedade no Ensino de Química

Considerando o contexto educativo, o movimento CTS surge com necessidade de renovação na estrutura curricular dos conteúdos, bem como formar cidadãos capazes de tomar decisões frente a questões científico-tecnológicas (PINHEIRO, SILVEIRA e BAZZO, 2007).

Conforme Medina e Sanmartín (1990) *apud* por Pinheiro, Silveira e Bazzo (2007, p. 74), a inclusão do enfoque CTS no contexto educacional, segue os objetivos elencados:

- Questionar as formas herdadas de estudar e atuar sobre a natureza, as quais devem ser constantemente refletidas. Sua legitimação deve ser feita por meio do sistema educativo, pois só assim é possível contextualizar permanentemente os conhecimentos em função das necessidades da sociedade;
- Questionar a distinção convencional entre conhecimento teórico e conhecimento prático - assim como sua distribuição social entre 'os que pensam' e 'os que executam' – que reflete, por sua vez, um sistema educativo dúbio, que diferencia a educação geral da vocacional;
- Combater a segmentação do conhecimento, em todos os níveis de educação;
- Promover uma autêntica democratização do conhecimento científico e tecnológico, de modo que ela não só se difunda, mas que se integre na atividade produtiva das comunidades de maneira crítica.

Desse modo, a abordagem CTS no Ensino de Ciências (Química) possibilita a aquisição de conhecimento científico e tecnológico, de maneira que auxilia o discente a desenvolver conhecimentos e habilidades que o oriente a tomar decisões sobre questões relacionadas à ciência e a tecnologia, e as relações destas com a sociedade, sendo abordada através de temas sociocientíficos (MOREIRA, AIRES e LORENZETTI, 2017).

Nesse sentido, o Ensino de Química, pode ser apresentado como instrumento de formação humana, que amplia horizontes culturais e a autonomia do exercício da cidadania; como ciência, com seus conceitos, métodos e linguagem própria; e como construção histórica relacionada ao desenvolvimento tecnológico e suas implicações ambientais, sociais, políticas e econômicas (BRASIL, 2002).

As Orientações Curriculares para o Ensino Médio – OCEM, orientam a abordagem de temas sociocientíficos, no Ensino de Química, da seguinte forma:

Defende-se uma abordagem de temas sociais (do cotidiano) e uma experimentação que, não dissociadas da teoria, não sejam pretensos ou meros elementos de motivação ou de ilustração, mas efetivas possibilidades de contextualização dos conhecimentos químicos, tornando-os socialmente mais relevantes. Para isso, é necessária a articulação na condição de proposta pedagógica na qual, situações reais tenham um papel essencial na interação com os alunos (suas vivências, saberes, concepções), sendo o conhecimento, entre os sujeitos envolvidos, meio ou ferramenta metodológica capaz de dinamizar os processos de construção e negociação de significados (BRASIL, 2006, p. 117).

Santos e Schnetzler (2010) propõe, na Figura 4, uma sequência da estrutura a ser seguida para aplicar temas sociocientíficos da abordagem CTS no ensino, inserindo: uma questão social, uma tecnologia relacionada ao tema, o conteúdo científico definido em função do tema e tecnologia e a questão social novamente discutida. Porém, os autores ressaltam a existência de outros tipos de sequências que podem ser seguidas, desde que os objetivos das mesmas sejam cumpridos.

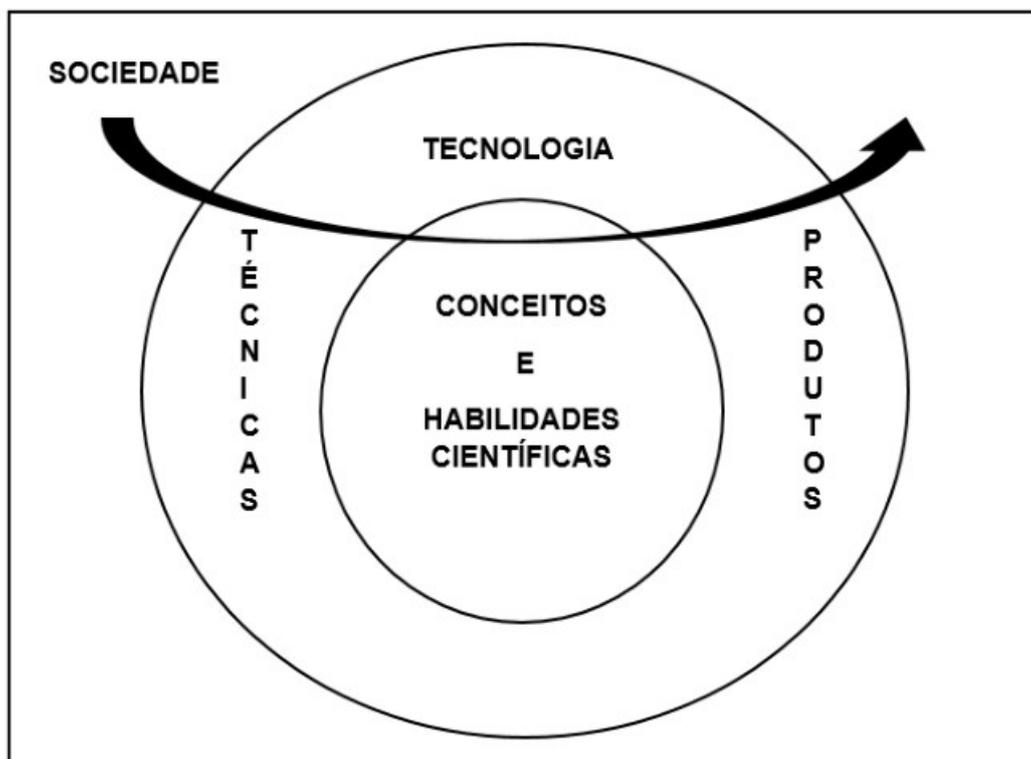


Figura 4 - Sequência da estrutura de aplicação da CTS no Ensino de Ciências. Fonte:  
Adaptado de Santos e Schnetzler (2010, p. 85)

Em suma, Santos e Schnetzler (2010) concluem que o enfoque de CTS está direcionado a temas de relevância social, sendo a abordagem sujeita a explicar as interfaces entre a ciência, tecnologia e sociedade e desenvolver nos discentes habilidades básicas para sua participação na sociedade democrática.

Dentro dessa conjuntura, para Jesus, Lorenzetti e Higa (2015), quando a temática N&N é abordada no pressuposto da CTS no Ensino Básico, não se deve restringir apenas à apresentação das aplicações desta aos estudantes, mas também se deve auxiliá-los na construção de um pensamento crítico a respeito da N&N em seu cotidiano. Neste contexto, espera-se que seja possível alcançar os objetivos, tanto para o ensino da Nanotecnologia, quanto para a formação dos estudantes.

### 3.3 EXPERIMENTAÇÃO NO ENSINO DE QUÍMICA

De acordo com os Parâmetros Curriculares Nacionais + (PCN+), a experimentação faz parte da vida, da escola ou do cotidiano de todos nós,

podendo significar observar situações e fenômenos ao seu alcance, que também pode envolver desafios, estimulando, quantificando ou buscando soluções para problemas reais. Além disso, também afirmam que por meio da experimentação “se pode garantir a construção do conhecimento pelo próprio aluno, desenvolvendo sua curiosidade e o hábito de sempre indagar, evitando a aquisição do conhecimento científico como uma verdade estabelecida e inquestionável” (BRASIL, 2002, p. 84).

No processo de construção da ciência, teoria e experimentação são interdependentes, ou seja, “para que a experimentação assuma um papel fundamental no ensino-aprendizagem de Ciências, ela deve articular sempre o fenômeno e a teoria, para que o estudo das Ciências seja sempre uma correlação entre fazer e o pensar” (SILVA *et al.* 2010 *apud* BARBOSA e PIRES, 2016, p.2).

Nessa conjunção, Barbosa e Pires afirmam que:

A experimentação permite ao ensino de Ciências, logo, ao ensino de Química, através de sua estrutura diferenciada, a aquisição de conhecimentos e de um pensamento crítico, modificando a concepção historicamente construída de que a Química é uma disciplina abstrata, sem atrativo e dogmática. Essa modificação é favorecida principalmente, quando as atividades práticas são realizadas de forma contextualizada, que aproxima a realidade, o dia a dia, o cotidiano do estudante (2016, p. 5).

Quanto à realização de atividades experimentais, os PCN+ nos garantem que há diversas formas de realizá-las, como experimentos de laboratório, demonstrações em sala de aula e estudos do meio. Quanto à escolha da modalidade da atividade experimental, tais documentos sugerem que:

Sua escolha depende de objetivos específicos do problema em estudo, das competências que se quer desenvolver e dos recursos materiais disponíveis. Qualquer que seja o tipo, essas atividades devem possibilitar o exercício da observação, da formulação de indagações e estratégias para respondê-las, como a seleção de materiais, instrumentos e procedimentos adequados, da escolha do espaço físico e das condições de trabalho seguras, da análise e sistematização de dados (BRASIL, 2002, p. 108).

Destarte, é necessário ampliar a concepção de experimentação, visto que a partir do momento que usa-se a contextualização para explicar certos fenômenos da natureza e da vida cotidiana, podem-se realizar experimentos que despertem a investigação e a curiosidade dos alunos, sem necessariamente, estar em um laboratório.

## 4 PROCEDIMENTO METODOLÓGICO

### 4.1 TIPO DE PESQUISA

Para esta pesquisa, buscou-se um método que pudesse proporcionar a participação dos estudantes envolvidos, bem como a interação – na perspectiva de intensa troca de conhecimentos – com o aplicador. Sendo assim, esta pesquisa foi de caráter participante. “Este tipo de pesquisa caracteriza-se pelo envolvimento e identificação do pesquisador com as pessoas investigadas” (GERHARDT; SILVEIRA, 2009, p. 40).

Para Gil:

As origens da pesquisa participante estão, portanto, na ação educativa. Sua principal influência encontra-se nos trabalhos de Paulo Freire relativos à educação popular. Seu método de alfabetização a partir da leitura do alfabetizando de seu próprio contexto sócio-histórico é que proporcionou as bases da pesquisa participante (2010, p. 43).

A pesquisa também discorreu numa abordagem qualitativa. “Na pesquisa qualitativa, o cientista é ao mesmo tempo o sujeito e o objeto de suas pesquisas.” (GERHARDT; SILVEIRA, 2009, p. 32).

### 4.2 CONTEXTO DA PESQUISA

O trabalho foi desenvolvido e aplicado no Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia da Paraíba Campus João Pessoa, localizado no bairro de Jaguaribe. Houve a participação de 13 (treze) alunos do 3º ano do Curso Técnico de Edificações Integrado ao Ensino Médio, sendo eles os sujeitos da pesquisa; e de 9 (nove) integrantes do Programa de Educação Tutorial - PET do curso de Licenciatura em Química (PET Química) que auxiliaram os alunos durante a experimentação.

Os alunos tiveram a liberdade de escolher participar ou não da atividade, previamente, sabendo que não haveria acréscimo de pontos extras ou nota na disciplina. Todavia, os estudantes que obtiveram, no mínimo, 75% de participação, foram certificados pelo PET Química. Sendo assim, dos 45 (quarenta e cinco) alunos da turma, apenas 28% estiveram presentes na aplicação desta pesquisa

O laboratório de Química do Campus João Pessoa do IFPB foi escolhido para a realização do experimento, por ser um espaço adequado e estar disponível na instituição.

#### 4.3 INSTRUMENTOS DE PESQUISA

Como instrumento de coleta de dados, foi utilizado um Questionário de Sondagem (QS) contendo 4 (quatro) questões subjetivas, tal instrumento é constituído por perguntas que devem ser respondidas por escrito pelo informador, sem a presença do pesquisador (GERHARDT; SILVEIRA, 2009). Além da produção de 2 (duas) dissertações argumentativas, nas quais os alunos deveriam responder a 2 (duas) questões subjetivas, sendo uma questão para cada dissertação, em que pudessem expressar o conhecimento absorvido de forma mais livre.

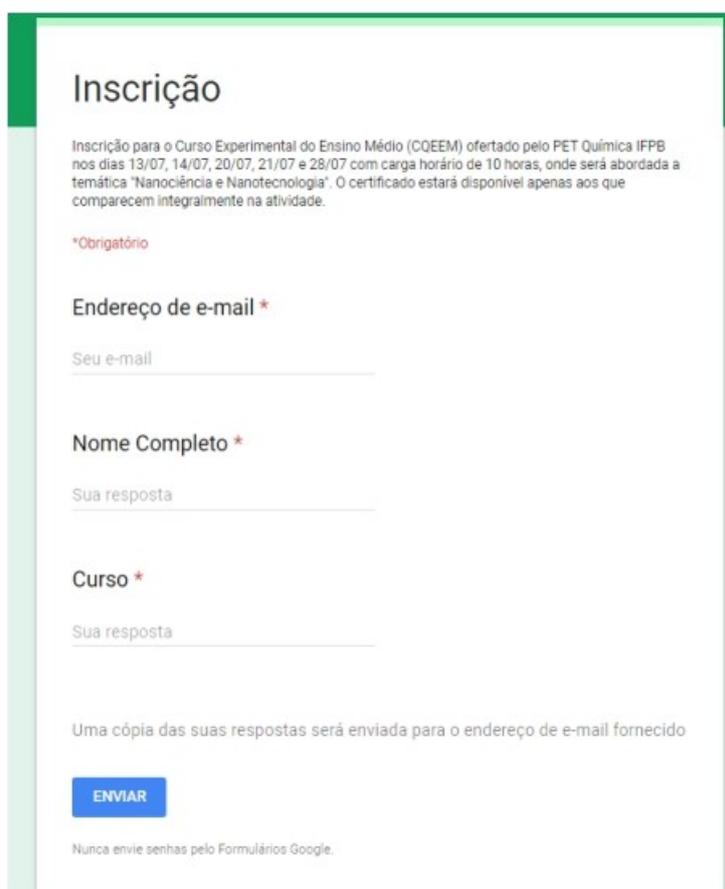
#### 4.4 ESTRUTURA DA PESQUISA

Foi por meio da atividade denominada Curso de Química Experimental do Ensino Médio (CQEEM), ofertada pelo PET Química do IFPB Campus João Pessoa, que os estudantes do 3º ano do Curso Técnico de Edificações Integrado ao Ensino Médio, participaram da aplicação desta pesquisa. Esta atividade é desenvolvida em 5 (cinco) encontros que são dispostos em salas de aulas e no laboratório de Química. Para participar é exigido, como pré-requisito, estar matriculado no Ensino Médio Técnico Integrado do IFPB Campus João Pessoa.

O PET desenvolve ações na tríade do ensino, pesquisa e extensão, com a participação de discentes do curso de graduação sob a tutoria de um docente. De acordo com o Manual de Orientações Básicas, o programa tem como objetivo:

Promover a formação ampla e de qualidade acadêmica dos alunos de graduação envolvidos direta ou indiretamente com o programa, estimulando a fixação de valores que reforcem a cidadania e a consciência social de todos os participantes e a melhoria dos cursos de graduação (BRASIL, 2006, p. 7).

As aplicações aconteceram durante os meses de julho e agosto de 2017. O professor de Química do IFPB disponibilizou sua turma do 3º ano do Curso Técnico de Edificações Integrado ao Ensino Médio, a avisando que a participação na atividade seria para agregar conhecimento à disciplina. Os interessados em participar se inscreveram preenchendo o link (Figura 5) disponível na web: <[https://docs.google.com/forms/d/e/1FAIpQLSdRfu7\\_gXC0QwRJ735Lj\\_Td7U4MaHWGOakrCSwuZc0vVrBzUA/viewform](https://docs.google.com/forms/d/e/1FAIpQLSdRfu7_gXC0QwRJ735Lj_Td7U4MaHWGOakrCSwuZc0vVrBzUA/viewform)>.



The image shows a Google Form titled "Inscrição". The form is for the "Curso Experimental do Ensino Médio (CQEEM)" offered by the "PET Química IFPB". It lists dates (13/07, 14/07, 20/07, 21/07, 28/07) and a 10-hour load. The theme is "Nanociência e Nanotecnologia". A note states that the certificate is only for those who attend fully. The form includes three required fields: "Endereço de e-mail", "Nome Completo", and "Curso". Each field has a "Sua resposta" placeholder. A blue "ENVIAR" button is at the bottom. A footer note says "Nunca envie senhas pelo Formulários Google."

Figura 5 – Link disponível para inscrição no CQEEM. FONTE: Autoria Própria.

A pedido dos discentes, as datas previstas no link da Figura 5 foram alteradas, pois eles alegaram haver atividades do curso técnico nos horários propostos. Dessa forma, houveram algumas adaptações, pois, “o processo ensino-aprendizagem é bilateral, dinâmico e coletivo, logo, é necessário que se estabeleçam parcerias entre o professor e os alunos e dos alunos entre si” (BRASIL, 2002, p. 55).

Como já mencionado, as aplicações deram-se em cinco encontros. Esses foram baseados em um plano de aula (demonstrado completo no Apêndice 1) que está apresentado, de forma concisa, na Tabela 4.

Tabela 4 - Resumo das atividades realizadas nos cinco encontros:

Encontro	Atividade
1º	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ Apresentação da atividade e do Curso de Química Experimental do Ensino Médio;</li> <li>○ Questionário de Sondagem;</li> <li>○ Ministração/Discussão dos conteúdos necessários para compreensão de Nanociência e Nanotecnologia (N&amp;N).</li> </ul>
2º	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ Ministração/Discussão referente ao tema gerador (N&amp;N);</li> <li>○ Produção textual da 1ª dissertação argumentativa.</li> </ul>
3º	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ Regras básicas para o uso do laboratório;</li> <li>○ Início da aula experimental.</li> </ul>
4º	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ Término da aula experimental;</li> <li>○ Discussão sobre o experimento.</li> </ul>
5º	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ Discussão sobre a importância da atividade;</li> <li>○ Produção textual da 2ª dissertação argumentativa.</li> </ul>

FONTE: Autoria própria.

No primeiro encontro, houve a apresentação da proposta da atividade CQEEM vinculada ao PET Química e a entrega do Questionário de Sondagem (Apêndice 2), com o objetivo de diagnosticar os conhecimentos prévios acerca da temática N&N. Em seguida, foram ministrados conteúdos sobre noções de medida, ordens de grandezas e teoria atômica, que foram abordados pelo método expositivo dialogado. Ao final deste encontro, foi visto um vídeo

([https://www.youtube.com/watch?v=DkM\\_vtv9mr0](https://www.youtube.com/watch?v=DkM_vtv9mr0)) que mostra como é a estrutura de um fio de cabelo em diferentes dimensões.

Já no segundo encontro, foi abordado o conceito, bem como as áreas de aplicação e impactos da Nanociência e Nanotecnologia, reconhecendo sua característica interdisciplinar, dando enfoque maior a Química. Ao final deste encontro, ocorreu um breve debate e, na sequência, os alunos puderam produzir a 1ª dissertação argumentativa que respondesse “Como a Nanociência e Nanotecnologia influencia no nosso cotidiano e quais seus impactos e benefícios?”

No terceiro encontro, que aconteceu no laboratório de Química, foi feita uma breve apresentação deste e foram citadas algumas medidas de segurança e de como proceder, durante a aula experimental. O roteiro (Apêndice 3) da prática intitulada “Síntese de Nanopartículas Superparamagnéticas (magnetita)” foi entregue, explicado e lido por todos, antes de sua execução. No entanto, como previsto no planejamento, o experimento não foi concluído neste encontro.

Os estudantes puderam concluir a aula experimental no quarto encontro e, estes, assistiram em seguida a um vídeo (<https://www.youtube.com/watch?v=rQilZKRqqN8>) sobre um experimento de nanopartículas de um laboratório do Instituto de Química - IQ da Universidade de São Paulo – USP. Ao final, foram discutidos todos os tópicos dos encontros anteriores, com uma abordagem CTS. Segundo Santos e Schnetzler (2010), um autêntico ensino CTS é aquele que apresenta uma visão crítica sobre as implicações sociais da Ciência, no sentido das relações de poder e das implicações mais amplas da tecnologia em termos de suas consequências socioambientais em uma perspectiva de justiça social.

No quinto encontro, os alunos puderam fazer a 2ª e última dissertação argumentativa, onde estes tiveram que expor: “Os aspectos gerais da Nanociência e Nanotecnologia atualmente, no futuro, na sua profissão e etc.”. Tal dissertação teve importância no registro, de forma geral, de como esta pesquisa influenciou na aprendizagem dos discentes envolvidos.

## 5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 5.1 Primeiro encontro

No primeiro encontro, foi apresentada a proposta do CQEEM, que é um Curso que tem como objetivo levar ao discente uma proposta de ensino e aprendizagem, em que há o entrelace da teoria e da experimentação, a partir da escolha de um tema gerador, sendo o tema escolhido a N&N. Posteriormente, o Questionário de Sondagem (QS) foi entregue com o intuito de sondar os conhecimentos prévios dos alunos sobre tal temática, como, por exemplo: suas possíveis abordagens, sua relação no nosso cotidiano e a relevância de adquirir conhecimento sobre o tema. Vale ressaltar que, para garantir o anonimato, cada discente será identificado por uma letra maiúscula.

A primeira questão do QS indagava: “Você conhece a Nanociência e Nanotecnologia (N&N)? Justifique.” 12% responderam que “Sim”. O discente A afirmou: *“Eu já ouvi falar nos nanorobôs que eram usados em experimentos para tratar doenças. E na ficção, onde eles tomavam conta da humanidade, mas funcionando de forma semelhante aos que estão sendo desenvolvidos.”* Entre os 88% que responderam “Não”, destacou o discente B: *“Não. Já ouvi falar brevemente, mas não sei do que se trata”*. O Gráfico 1 mostra tais percentuais:



Gráfico 1 – Respostas referentes a Questão 1: “Você conhece a Nanociência e Nanotecnologia (N&N)? Justifique.”. Fonte: Autoria própria

Os PCN+ orientam que durante sua formação, os alunos adquiram habilidades em dominar os conhecimentos referentes a ciência e tecnologia.

Entretanto, quando ‘ciência’ e ‘tecnologia’ são vistas com o prefixo *nano*-indicando o uso destas numa escala equivalente a  $10^{-9}$  metros, os estudantes demonstram possuir conhecimento elementar sobre a N&N, como visto nas respostas da questão 1. Sendo assim, é necessário que o real conhecimento que a sociedade tem sobre N&N seja discutido em ambientes acadêmicos, técnicos e na sociedade em geral (REBELLO, ARGYROS, *et al.*, 2012).

A segunda questão do QS continha a seguinte pergunta: “Em qual(is) disciplina(as) você acredita que a Nanociência pode ser abordada?”. Apesar de boa parte dos alunos afirmarem, através das resposta da questão anterior, não conhecer a N&N, de acordo com o Gráfico 2, somente 6% disseram não saber, 38% responderam que apenas na disciplina Química e 56% citaram mais de uma disciplina, como: “Química e Física”; “Química e Biologia”; “Química, Física, Biologia e Matemática”. Exceto os 6%, os demais alunos responderam satisfatoriamente, citando corretamente disciplinas em que a Nanociência pode ser abordada.



Gráfico 2 – Respostas referentes a Questão 2: “Em qual(is) disciplina(as) você acredita que a Nanociência pode ser abordada?”. Fonte: Autoria própria.

Para Peixoto:

A nanotecnologia é uma área que aglutina diversas ciências e tecnologias. Portanto, a força de trabalho deve ter um amplo conhecimento abrangendo a compreensão dos princípios da biologia, física e química, assim como de princípios de engenharia, sobretudo, relacionados a projetos, processos e produção (2013, p. 192).

É possível dizer que a N&N possui caráter interdisciplinar, que significa abordar simultaneamente um mesmo assunto, por diferentes disciplinas, expondo o aluno à multiplicidade de enfoques, informações e conhecimentos,

sendo capaz de inter-relacionar fenômenos, conceitos e processos, e de construir um pensamento orgânico (BRASIL, 2006).

Os resultados obtidos com a questão 3 a qual indagava: “Cite um exemplo em que N&N possa estar presente no seu cotidiano”, estão representados no Gráfico 3:

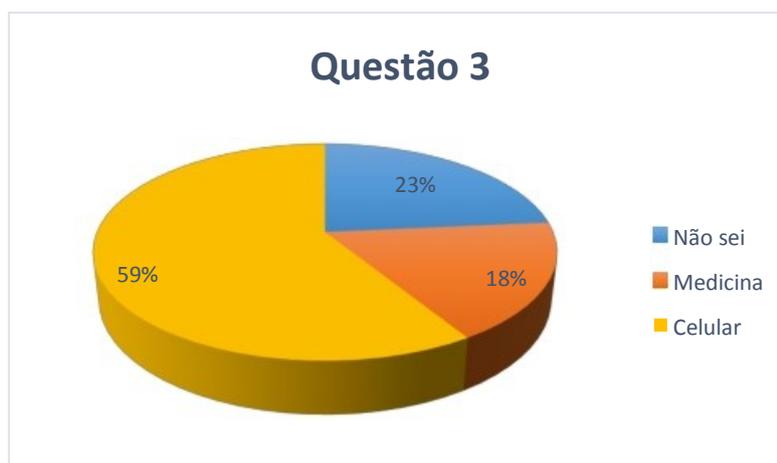


Gráfico 3 – Respostas referentes a Questão 3: “Cite um exemplo em que N&N possa estar presente no seu cotidiano.”. Fonte: Autoria própria.

No Gráfico 3, um percentual de 59% dos discentes citou o celular como exemplo de N&N no cotidiano. Entre estes, alguns também especificaram os ‘nanochips’ que já é algo comum na maioria dos smartphones atuais. Além disso, das muitas aplicações, também há aplicação, por exemplo, da nanotecnologia nas baterias dos celulares, pois segundo Peixoto (2013, p. 254), ao cobrir os eletrodos com nanopartículas, “aumenta-se a área de superfície deles, permitindo que mais corrente flua entre o eletrodo e a química dentro da bateria, aumentando a disponibilidade de força e diminuindo o tempo necessário para recarregá-las”.

Dos 18% dos alunos que responderam ‘medicina’ como exemplo de N&N no cotidiano, os discentes C e D afirmaram, respectivamente: “*Pode ser utilizada na prevenção e tratamento de diversas doenças*”; “*Na medicina, na produção (melhorias) de remédio*”. De fato, a nanotecnologia brasileira já produziu resultados nas áreas farmacêutica e de interface com a biotecnologia, dentre os quais, podemos citar os nanocarreadores, usados em cosméticos e associados

a medicamentos, como alguns quimioterápicos antitumorais (ZANETTI-RAMOS e CRECZYNSKI-PASA, 2008). Os 23% restantes não souberam responder.

A quarta e última questão dizia: “Você considera relevante adquirir conhecimento sobre N&N? Justifique”. 100% dos participantes responderam que ‘Sim’. O discente D destacou: “*Parece uma área bem promissora e que promete muitos avanços e funcionalidades para o homem.*” Já o discente E disse: “*Sim, porque essas ciências possuem aplicações práticas de relevante importância em nosso cotidiano, e ainda, aparentam ter seu valor aumentado em um futuro próximo.*” Estes relatos demonstram que o tema desperta o interesse deles, o que, conseqüentemente, contribui para uma edificação da aprendizagem. Dessa forma, é válido “que o processo de ensino-aprendizagem decorra de atividades que contribuam para que o aluno possa construir e utilizar o conhecimento” (BRASIL, 2002, p. 93).

Após a aplicação do QS, foram ministrados assuntos que são considerados necessários para compreensão do tema e que os discentes já tinham estudado nos anos anteriores ou estavam estudando no ano atual (terceiro ano do Ensino Médio). O método expositivo dialogado foi escolhido para as aulas, onde foi possível ouvir o que os discentes sabiam, sanar possíveis dúvidas e fazer pontes de conhecimentos junto ao tema.

A princípio, foram abordados os assuntos: Noções de Medidas e Ordem de Grandeza. Tais assuntos são característicos da disciplina de Matemática, todavia, são primordiais para serem abordados contiguamente à temática estudada. Segundo as OCEM, quando se discorre em Ciências da Natureza e da Matemática:

As competências gerais, que orientam o aprendizado no ensino médio, devem ser promovidas pelo conjunto das disciplinas dessa área, que é mais do que uma reunião de especialidades. Respeitando a diversidade das ciências, conduzir o ensino dando realidade e unidade é compreender que muitos aprendizados científicos devem ser promovidos em comum, ou de forma convergente, pela Biologia, pela Física, pela Química e pela Matemática, a um só tempo reforçando o sentido de cada uma dessas disciplinas e propiciando ao aluno a elaboração de abstrações mais amplas (BRASIL, 2006, p. 24).

Desse modo, dialogando, a fim de saber o que os alunos entendiam por medida, foi pedido que apenas observando, eles presumissem as dimensões da sala de aula em que estavam presentes e de outros objetos a sua volta. As medidas por eles dadas foram em metros, e logo foi passado para eles que o

metro é a unidade fundamental do sistema internacional de unidades (SI), e que contém múltiplos (km, por exemplo) e submúltiplos (cm, por exemplo). Então, a partir da Tabela 5, foi visto que o prefixo *nano-* refere-se a um submúltiplo da ordem de  $10^{-9}$  m, que significa diminuir certa medida (em metros) nove vezes. Na linguagem matemática, também é correto afirmar que quando em nanômetros, o número possui 9 casas decimais a esquerda.

Tabela 5. Múltiplos e submúltiplos do metro.

Múltiplo	Nome	Símbolo	Submúltiplo	Nome	Símbolo
$10^0$	metro	m	$10^0$	metro	m
$10^1$	decâmetro	dam	$10^{-1}$	decímetro	dm
$10^2$	hectômetro	hm	$10^{-2}$	centímetro	cm
$10^3$	quilômetro	km	$10^{-3}$	milímetro	mm
$10^6$	megâmetro	Mm	$10^{-6}$	micrômetro	$\mu\text{m}$
$10^9$	gigâmetro	Gm	$10^{-9}$	nanômetro	nm
$10^{12}$	terâmetro	Tm	$10^{-12}$	picômetro	pm

Fonte: Aatoria Própria.

Prontamente, foi visto os modelos atômicos de Dalton, Thomson, Rutherford e Bohr, onde os alunos puderam lembrar, através das ilustrações da Figura 6, os modelos propostos por cada cientista, e que serviu de base para o modelo do átomo atual:

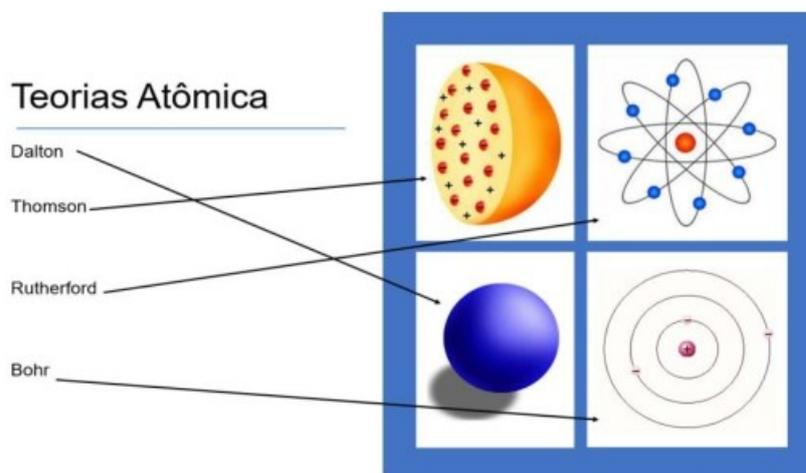


Figura 6 - Alguns modelos atômicos. Fonte: Aatoria Própria.

Para finalizar este primeiro encontro, foi visto um vídeo, detalhado em 9 passos, que pode ser observado na Figura 7, o qual mostrava um fio de cabelo como enxergamos a olho nu, que vai sendo aproximado até as dimensões atômicas. O discente F exclamou: *“Eu não imaginava que seria tão pequeno,*

com muitos detalhes assim”. O discente G completou: “Agora eu entendo porque não podemos ver o átomo mesmo que se tenha um microscópio”.



Figura 7 - Fio de cabelo no microscópio. Fonte:

<[https://www.youtube.com/watch?v=DkM\\_vtv9mr0](https://www.youtube.com/watch?v=DkM_vtv9mr0)> Acesso em: 26/05/2017

A Química é a ciência que estuda a matéria, suas propriedades, estruturas e transformações. A matéria está presente em tudo o que nos cerca, somos matéria! Por isso, é de fundamental importância que possamos compreender a matéria, tanto a nível macroscópico, quanto microscópico (LISBOA, 2010). É indispensável que, diante disto, busque-se abordar a teoria atômica para posterior introdução ao conceito da nanociência, haja vista que esta é trabalhada a nível microscópico, apresentando propriedades diferentes do nível macroscópico, ainda que esteja fazendo o uso de um mesmo elemento. “É fundamental que se mostre através da história, as transformações das ideias sobre a constituição da matéria, contextualizando-as” (BRASIL, 2006, p. 96).

## 5.2 Segundo Encontro

No segundo encontro, foi realizada a ministração sobre o tema gerador do CQEEM, a N&N, havendo também espaços para discussão e interação dos alunos durante a aula. De início, foi definida a N&N, por intermédio da afirmação de Melo e Pimenta (2004, p. 9), como o “estudo e às aplicações tecnológicas de objetos e dispositivos que tenham ao menos uma de suas dimensões físicas, menor que, ou da ordem de, algumas dezenas de nanômetros”. Alguns exemplos

destes objetos e dispositivos estão na Figura 8 e foi a mesma vista pelos alunos durante a aula.

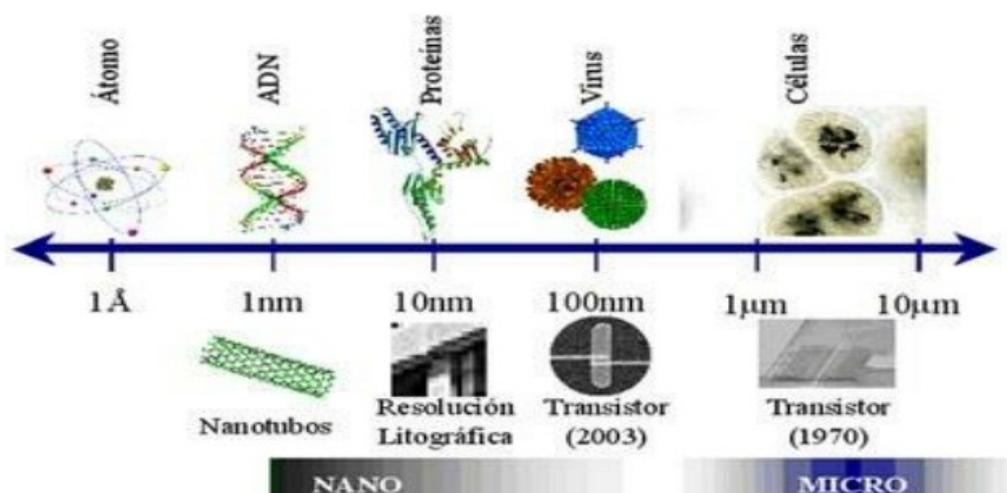


Figura 8 - Exemplo de objetos e dispositivos em micrômetro e nanômetro. Fonte: <  
<http://www.ufrgs.br/alimentus/disciplinas/tecnologia-de-alimentos-especiais/nanotecnologia>>  
 Acesso em: 20/05/2018

Também foi dito à turma que a N&N é interdisciplinar, ou seja, pode ser estudada não só pela disciplina de Química, mas também conjuntamente pela Física/Biologia. Dessa forma, entende-se que o conhecimento não pode ser uniformizado, ou seja, deve-se despertar no aluno e fazer com que ele perceba que os conhecimentos de cada disciplina apresentam múltiplas interfaces (BRASIL, 2006). A Figura 3 ilustrada anteriormente (a qual mostra as diversas disciplinas) foi usada para demonstrar os conhecimentos que podem ser usados na N&N.

Seguindo os estudos, foi versado alguns momentos históricos da N&N, destacando que uma das principais memórias é a de 1959 em que Richard Feynman realiza a famosa palestra “Há mais espaços lá embaixo” em que descreve um mundo subatômico.

Dando continuidade a aula, os alunos puderam compreender como funcionam as principais características da N&N, que foram: superfície de contato, *bottom-up* e *top-down*. A Superfície de Contato (SC) ou Área superficial (AS) é estudada no 2º ano do Ensino Médio, no assunto de Cinética Química, tal assunto já tinha sido estudado pelos discentes, que estavam no 3º ano e, dessa forma, falaram corretamente que a SC determina a reatividade e velocidade das

reações e que quanto maior a AS, maior e mais rápida será a reatividade e velocidade, respectivamente.

Dentro desse contexto, um exemplo que pode ser usado para compreender a SC é quando um comprimido efervescente inteiro e outro reduzido a pó é colocado em contato com água em recipientes separados, observa-se que o comprimido que foi reduzido a pó reage mais rápido do que o que estava inteiro. “O mesmo acontece com a área superficial dos materiais nanoparticulados e esse é um dos motivos pelo qual, hoje, o estudo da nanociência se encontra num estágio de crescimento exponencial” (SILVA, VIANA e MOHALLEM, 2009, p. 176).

Já quando os alunos foram indagados se conheciam os termos *bottom-up* e *top-down*, todos responderam que não sabiam. Então, foi dito que os termos, numa tradução livre, significavam “de baixo para cima” e “de cima para baixo”, respectivamente. Dessa forma, quando usamos a técnica *bottom-up* significa criar nanopartículas/objetos pela disposição lenta e controlada de átomos sobre uma superfície regular e *top-down* trata da construção de nanomateriais/objetos a partir de um material macroscópico (MELO e PIMENTA, 2004). Além disso, foram citados exemplos de aplicações atuais da N&N que podem ser contempladas em cosméticos, medicamentos, plásticos e etc., bem como aplicações a médio e longo prazo, como na purificação da água, trajes militares, aparelhos de televisão e outros.

Diante de inúmeras aplicações, foram discutidas quais as consequências causadas pela N&N, como tem sido seu uso/aplicação, gerando indagações aos alunos, como: “Os fármacos, por exemplo, por serem nanoestruturados podem interagir com as células do nosso corpo? Podem ser tóxicos, visto que suas propriedades diferem dos materiais quando em escala macroscópica?”. A Figura 9 foi mostrada a estes alunos após estes questionamentos, e nela podem-se perceber os diferentes caminhos que a nanotecnologia percorre nas indústrias, produtos, ambientes e seres humanos.

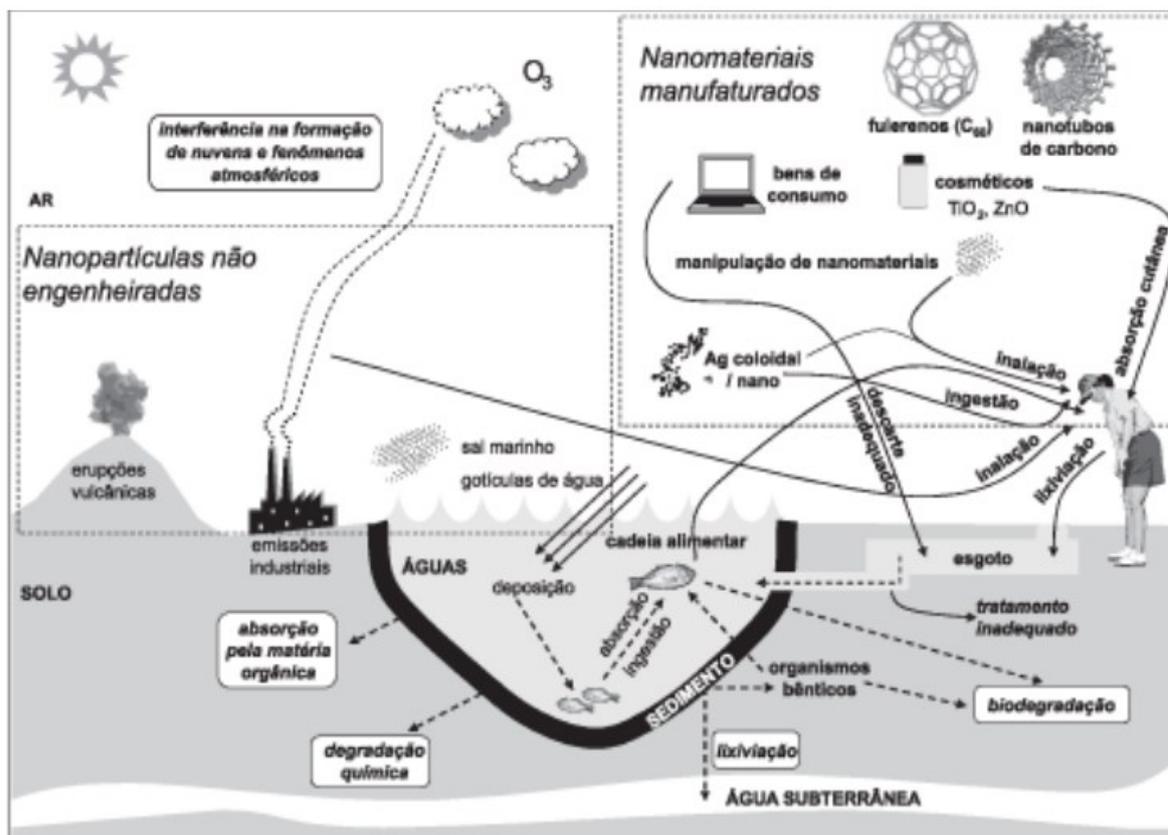


Figura 9 - Ciclos da aplicação da N&N.

Nesta perspectiva, foi pedido aos discentes que produzissem uma dissertação argumentativa que respondesse essas questões relacionadas às consequências que a N&N tem trazido para nossa sociedade, bem como para ciência e tecnologia (considerando a compatibilidade de ideais, serão descritas as falas de três discentes). O posicionamento deles, diante destas indagações é indispensável, visto que “o mundo atual exige que o estudante se posicione, julgue e tome decisões, e seja responsabilizado por isso” (BRASIL, 2006, p. 106). Tal afirmação corrobora com Toma, o qual relata que:

Toda inovação científica e tecnológica envolve aspectos éticos, principalmente quanto à sua utilização e consequências para a sociedade. Por isso, essa questão não deve ser dissociada da responsabilidade e dos valores humanos intrínsecos, na tomada de decisão sobre o seu uso ou destino (2004, p. 87).

Nessas circunstâncias, pode-se contemplar o que foi dito pelos três discentes. O discente H:

*“A nanociência tem desenvolvido estudos sobre as partículas e sua interação. Esse desenvolvimento possibilitou o uso desses conhecimentos em uma grande gama de áreas, cada vez mais se descobre aplicabilidade para a nanociência, mas, por se tratar de uma ciência de desenvolvimento recente, os impactos ainda são*

*desconhecidos, pois o que deve ser descoberto representa mais que o que já sabemos. Assim essa ciência esbarra na mesma dúvida que já pairou (e ainda existe) sobre a química em geral, seria ela boa ou má? Visto que esse conceito se refere a utilização e não a natureza das coisas, tudo dependerá de como e para quê a nanotecnologia será utilizada. Portanto, a nanociência representa uma importante área do conhecimento que impactará de forma decisiva o futuro da humanidade, se para o bem ou para o mal, dependerá do uso que faremos dela.”*

Apesar de não ser uma área de desenvolvimento recente, como afirmou o discente H, é fato que se deve estar atento e por dentro dos benefícios e consequências que a N&N pode trazer, tomando decisões que preservem a saúde e bem-estar das futuras gerações e o ambiente que irão habitar. Silva, Viana e Mohallem destacam que:

Esse mundo nanoparticulado está sendo conhecido como uma nova revolução científica e promete grandes benefícios para o ser humano e o meio ambiente. Tudo é inovador! A ética e a segurança sempre devem ser levadas em consideração, e segue como um alerta para instituições se organizarem e começarem a criar regulamentações (2009, p. 178).

Dentro dessa premissa, os discentes I e J explicitaram: Discente I:

*“A nanotecnologia apresenta seus lados positivos, ela pode ajudar em vários setores da sociedade, como a criação de novos medicamentos, novos métodos para ajudar em tratamentos, contribuir para o avanço da tecnologia, com TVs que possuem e possuirão uma melhor resolução de imagem, por exemplo, dentre outros setores. Consequentemente apresenta também efeitos colaterais, ainda não se sabe exatamente onde, mas já se tem uma ideia de problemas que ela pode trazer, principalmente ao meio ambiente acarretando em complicações futuras. Vale salientar que estamos sempre em constante interação com o meio, logo os impactos acabam nos afetando também, é um ciclo, como por exemplo, quando a indústria descarta materiais em rios, afetando os seres vivos que habitam aquele local, podendo infectá-los, levando a morte deles ou até mesmo alguém utilizá-lo como alimento e acabar se infectando também e gerando problemas. É preciso que se tenha um controle, leis que regulem o uso da nanotecnologia, diminuindo assim os impactos que ela causa ou causará ao meio ambiente, para, de forma saudável, ser aplicada e aprimorada, trazendo, cada vez mais, benefícios para a sociedade”.*

Enquanto o Discente J:

*“Provavelmente, pela ainda falta de conhecimento a respeito da NeN, algumas pessoas podem pensar que elas só trazem benefícios, porém, essa afirmação é um pouco precipitada. O uso exacerbado da NeN já tem provocado efeitos maléficos para as pessoas e para o meio ambiente, é como se fosse a micropoluição que causa danos semelhantes à poluição ambiental que nós estamos acostumados a ouvir falar. Portanto, assim como estão investindo na ‘popularidade’ da NeN, também devemos nos atentar ao descarte delas para que não passe a ser algo completamente ruim para o bem estar das pessoas e do ambiente.*

Ao apreciar estas dissertações produzidas pelos discentes, verificamos que estes tem preocupação das consequências do uso da ciência no cotidiano. Ao final deste encontro, foi comunicado aos alunos que o próximo seria no laboratório de Química, sendo necessário estar com calça comprida e sapatos fechados, por ser uma das exigências das normas de segurança do laboratório.

### 5.3 Terceiro Encontro

Neste terceiro encontro, que aconteceu no laboratório de Química, como já citado, iniciou-se falando sobre como se comportar num laboratório e as normas de segurança necessárias, como por exemplo: não provar, tocar ou cheirar qualquer substância; fazer uso de jaleco, bem como luvas e óculos, quando necessário; manusear a balança analítica com cuidado e, em caso de acidentes, comunicar ao técnico do laboratório. Vale salientar que todos estavam com calça comprida e calçados fechados, como combinado. Além disso, também foi elucidado os nomes e funções dos materiais utilizados.

Em seguida, foi entregue o roteiro do experimento: “Síntese de Nanopartículas Superparamagnéticas (magnetita)” onde seu conteúdo estava direcionado a uma turma de ensino superior de uma universidade fictícia chamada Universidade João Pessoa (UJP), ou seja, a partir da entrega dos roteiros, os discentes fariam parte da turma da UJP. As OCEM ressaltam que, quanto à experimentação, pode haver diversos caminhos a serem seguidos, e a liberdade para descobri-los é uma forte aliada na construção do conhecimento individual (BRASIL, 2002).

No roteiro, continham as definições de N&N e Nanopartículas magnéticas, com exemplos de aplicação destas no cotidiano. A finalidade desta prática foi observar o fenômeno magnético das nanopartículas utilizando uma solução de  $Fe^{2+}$  e  $Fe^{3+}$  com a adição de uma base para formar  $Fe_3O_4$  (magnetita) e propor aplicações. A turma foi dividida em 3 grupos (1º e 2º grupo com 4 alunos cada, e o 3º grupo com 5 alunos), a fim de que todos pudessem participar ativamente. Eles iniciaram pesando (Figura 10) os reagentes (sempre supervisionados por um PETiano e/ou técnico do laboratório) mas não puderam prosseguir com o

experimento devido o tempo da aula ser limitado, ou seja, a atividade só pôde ser concluída no encontro seguinte.



Figura 10 - Alunas sendo orientadas sobre como proceder durante a pesagem dos reagentes.

Fonte: Autoria própria.

#### 5.4 Quarto Encontro

Já no quarto encontro, os discentes deram continuidade ao experimento (o passo a passo pode ser visto no roteiro que se encontra no Apêndice 3), preparando as soluções de  $\text{Fe}^{2+}$ ,  $\text{Fe}^{3+}$  e  $\text{NaOH}$ , misturando-as sistematicamente para formar a magnetita,  $\text{Fe}_3\text{O}_4$  conforme a reação:



Esta reação representa a técnica de coprecipitação, considerada uma das vias mais simples de obter nanopartículas magnéticas (FRANCISQUINI, SCHOENMAKER e SOUZA, 2014). A solução de  $\text{Fe}_3\text{O}_4$  apresentava coloração escura como ilustrado na Figura 11, pois as nanopartículas estavam suspensas na solução.



Figura 11 – Solução de  $\text{Fe}_3\text{O}_4$  (magnetita). Fonte: Autoria Própria.

Foi coletado uma alíquota da solução e colocada em um tubo de ensaio com água destilada, para que fosse possível observar a propriedade magnética das nanopartículas ao aproximarmos o ímã de neodímio na parede do tubo, como se pode observar na Figura 12. O campo magnético gerado pela aproximação do ímã faz com que as nanopartículas se concentrem na região próxima ao polo magnético do ímã, separando-as do meio.



Figura 12 – Sequência do comportamento das nanopartículas ao aproximar o ímã de neodímio.

Fonte: Autoria Própria.

A produção de nanopartículas magnéticas faz parte da linha de pesquisa de um laboratório do Instituto de Química da USP, e os pesquisadores responsáveis produziram uma matéria intitulada “Laboratório do IQ concretiza promessas das nanopartículas” e um vídeo do experimento de nanopartículas o qual mostra desde a preparação até aplicações reais (<https://www.youtube.com/watch?v=rQilZKRqqN8>). Este vídeo foi mostrado para a turma e, em seguida, foi feita uma discussão da atividade, enfatizando os aspectos fundamentais na visão da turma.

## 5.5 Quinto Encontro

Neste quinto e último encontro, os alunos produziram a 2ª e última dissertação argumentativa, onde estes tiveram que expor: “Os aspectos gerais da Nanociência e Nanotecnologia atualmente, no futuro, na sua profissão e etc.”. Nesta dissertação estavam relatados os principais argumentos dos discentes em relação ao tema proposto, bem como relatos pessoais da participação na atividade.

Vale ressaltar que a construção do conhecimento científico deve estimular a curiosidade e o hábito de sempre indagar, evitando assim, que o conhecimento seja como uma verdade inquestionável (BRASIL, 2006). Nessa perspectiva, temos os relatos de dois discentes a respeito da definição da N&N:

Discente K: *“Podemos definir a nanotecnologia como o estudo de manipulação da matéria em uma escala muito pequena, a escala nanométrica. Seu princípio básico é a construção de estruturas e novos materiais a partir dos átomos, buscando inovar as invenções aprimorando-as e proporcionando assim uma melhor qualidade de vida ao homem”.*

Por outro lado, o Discente L sublinhou: *“Nanociência e nanotecnologia são áreas que se ocupam do estudo das propriedades das substâncias quando estas são observadas em escala nanométrica, devido a sua dimensão diminuta, sua área de contato se amplia, demonstrando propriedades e utilizações novas”.*

Quanto à aplicação do conhecimento nos primeiros encontros e no experimento, os discentes ressaltaram exemplos que poderiam ser feitos usando a propriedade magnética, bem como exemplo de aplicação do Curso de Edificações. Tais informações podem ser evidenciadas a partir das falas dos discentes:

Discente L: *“Durante a atividade, observamos a síntese de partículas nanométricas, e notamos a grande visibilidade de suas propriedades magnéticas, algo que tem muitas utilizações práticas, pois reduzindo o tamanho das partículas conseguimos observar melhor uma propriedade de um material. No curso de edificações as nanotecnologias podem ser usadas nos materiais de construção, e, obtendo melhores materiais, a construção de forma geral será beneficiada”.*

Enquanto o Discente I destacou: *“Vimos também que a N&N é utilizada na limpeza dos minérios britados que são peça fundamental na área de edificações, portanto, as pessoas que pretendem seguir neste curso devem estar sempre ligadas às novidades que envolvem a construção civil e a N&N.”*

Já o Discente D, discorreu: *“A nanociência e a nanotecnologia podem ser aplicadas também na área da construção civil, como em edificações, e em arquitetura, criando e inovando os materiais já existentes, deixando os materiais mais leves, resistentes, duradouros, e diminuindo assim, o consumo de matéria-prima”.*

Os relatos anteriores dos discentes corroboram com o sugerido pelas OCEM, que diz que *“a contextualização permite que o aluno venha a desenvolver uma nova perspectiva: a de observar sua realidade, compreendê-la e, o que é muito importante, enxergar possibilidades de mudança.”* (BRASIL, 2006, p. 35)

Além dos textos argumentativos, os alunos também escreveram, em primeira pessoa, se na profissão que pretendiam seguir usariam a N&N. O discente E disse que: *“A minha área de interesse, a construção civil, tem muito onde a N&N pode trabalhar e auxiliar com grandes avanços, seja na melhoria de materiais ou equipamentos usados na construção civil”.*

O Discente C enfatizou: *“Pode ser usado também na medicina, onde pretendo me formar, tornando mais eficaz os tratamentos, sendo menos doloroso para o paciente e como citei, mais eficaz.”*

No entanto, o Discente A grifou: *“Eu, atualmente como estudante do curso de edificações, creio que poderia aplicar o conhecimento obtido na minha área como por exemplo na inovação de novos materiais de construção com mais resistência, permeabilidade entre outros. Porém, no futuro quero seguir a área da medicina e tenho certeza que esse conhecimento em nanociência e nanotecnologia é bem significativo para tal área”.*

Portanto, a partir destes relatos, percebe-se que os estudantes compreenderam a proposta de um ensino baseado na contextualização e experimentação, com o pressuposto de uma abordagem CTS, expondo seu pensamento com criticidade e exercendo sua cidadania. Sendo assim, podendo levar os conhecimentos adquiridos durante a aplicação desse trabalho, para o cotidiano e para futuras profissões que almejam seguir.

## 6 CONCLUSÃO

É notório o fato de que não vivemos sem Ciência. Ensinar Ciências e suas tecnologias tem importância não só pelo fato de, através dela, ser possível construir máquinas de ponta, medicamentos inovadores ou até armas letais, pois, além disso, a Ciência traz consigo a responsabilidade de ser reconhecida por toda sociedade e, assim, dar autonomia e conscientização quanto ao seu uso. Dessa forma, o Ensino de Química tem sido mais do que o estudo das propriedades e transformações da matéria, todavia, também uma construção humana, peça fundamental na educação da sociedade.

Ademais, foi percebido que apesar da Nanociência e Nanotecnologia ser presente em diversas atividades do nosso cotidiano, ainda assim, passa despercebida, na maioria das vezes. Por isso, é fundamental que sejamos conscientes de que manipular substâncias ou objetos nesta escala, exige cautela, pois suas propriedades e consequências diferem de uma mesma substância em escala macroscópica. Entretanto, também foi necessário conhecer a história que trouxe a N&N até os dias atuais, sendo possível assimilar o quão ela é importante e influente.

Nesse sentido, aulas que abordam temas incomuns na matriz curricular, no entanto, atuante no meio acadêmico e social, traz um efetivo aprendizado por meio da discussão sobre tais descobertas, neste caso, sobre a N&N. O que antes era desconhecido passou a ser conhecido pelos discentes, surgindo novas propostas de aplicações. Contudo, a abordagem com características pertinentes a CTS torna o processo de ensino e aprendizagem instigante e significativo para o aluno, estimulando e despertando sua cidadania e seu senso crítico.

## 7 Referências

- ALVES, O. L. Nanotecnologia, nanociência e nanomateriais. **Parc. Estrat.**, Brasília, n. 18, p. 5-239, 2004.
- ARANTES, F. R. **Estudo do comportamento magnético de nanopartículas de magnetita e nanofios de níquel diluídos em cristais líquidos liotrópicos**. 2010. Dissertação (Mestrado em Física), Instituto de Física, Universidade de São Paulo, São Paulo.
- BARRETO, I. S. **Um método automático para extração em fase sólida magnética de Cd e Pb em águas e de Cd em óleo comestível e detecção por GF AAS**. 2016. Tese (Doutorado em Química) - Departamento de Química, Universidade Federal da Paraíba, Paraíba.
- BASTOS, R. M. Paiva. **Nanotecnologia: Uma revolução no desenvolvimento de novos produtos**. 2006. Monografia (Curso de Engenharia de Produção) Coordenação de Curso de Engenharia de Produção, Universidade Federal de Juiz de Fora, Juiz de Fora.
- BRASIL. Ministério da Educação (MEC), Secretaria de Educação Básica (SEB), Departamento De Políticas De Ensino Médio. **Orientações Curriculares Para o Ensino Médio: Ciências da Natureza, Matemática e suas Tecnologias**. 2006.
- \_\_\_\_\_, SEMTEC. PCN+ ensino médio: orientações educacionais complementares aos Parâmetros Curriculares Nacionais. **Ciências da natureza, matemática e suas tecnologias**. Brasília: MEC, SEMTEC, 2002.
- \_\_\_\_\_, Ministério da Educação (MEC). **Manual de Orientações Básicas**, Programa de Ensino Tutorial. Ministério da Educação, Brasília, 2006.
- CAMPOS, F. R. G. **Ciência, tecnologia e sociedade**. 1. ed. Florianópolis: Publicação do IF-SC, v. I, 2010.
- DAUDT, R. M. et al. A nanotecnologia como estratégia para o desenvolvimento de cosméticos. **Ciência e Cultura**, São Paulo, v. 65, p. 28-31, 2013.
- DE CASTRO, B. **Nano, um mercado de macrooportunidades**. 2018. Disponível em: <<https://www.abdi.com.br/postagem/nano-um-mercado-de-macrooportunidades>>. Acesso em 05/10/2018.
- DE JESUS, Izabela Paulini; LORENZETTI, Leonir; HIGA, Ivanilda. A abordagem CTS em propostas de ensino da nanotecnologia.
- DE LÊDO, João Carlos Silva; HOSSNE, William Saad; PEDROSO, Margareth Zabeu. **Introdução às questões bioéticas suscitadas pela nanotecnologia**. Revs Bioethikos CREMESP. 2007; 1981-8254.
- DE SOUZA BARBOSA, Lauana; PIRES, Diego Arantes Teixeira. **A importância da experimentação e da contextualização no ensino de ciências e no ensino de química**. Revista CTS IFG Luziânia, v. 1, n. 2, 2017.
- DOS SANTOS, Wildson Luiz Pereira; MORTIMER, Eduardo Fleury. Uma análise de pressupostos teóricos da abordagem CTS (Ciência-Tecnologia-Sociedade) no contexto da educação brasileira. Ensaio Pesquisa em educação em ciências, v. 2, n. 2, p. 1-23, 2000.

- FERNANDES, M. F. M.; FILGUEIRAS, C. A. L. Um panorama da nanotecnologia no Brasil (e seus macro-desafios). **Química Nova**, Rio de Janeiro, v. 31, p. 2205-2213, 2008.
- FRANCISQUINE, E.; SCHOENMAKER, Jeroen; SOUZA, José Antonio. Nanopartículas magnéticas e suas aplicações. **Química Supramolecular e Nanotecnologia**, p. 269, 2014.
- GERHARDT, T. E.; SILVEIRA, D. T. **Métodos de Pesquisa**. 1ª. ed. Porto Alegre: UFRGS, 2009.
- GIL, A. C. **Como Elaborar Projetos de Pesquisa**. 5. ed. São Paulo: ATLAS S.A., 2010.
- GÜNTHER, H. Pesquisa Qualitativa Versus Pesquisa Quantitativa: Esta é a Questão? **Psicologia: Teoria e Pesquisa**, Brasília, v. 22, n. 2, p. 201-210, 2006.
- LACAVAL, Z. G. M.; MORAIS, P. C. D. Aplicações biomédicas de nanopartículas magnéticas. **Práticas Estratégicas**, Brasília, p. 1-248, 2004.
- MARCONI, M. D. A.; LAKATOS, E. M. **Metodologia Científica**. 6ª. ed. São Paulo: Atlas S.A., 2011.
- MARQUES, E. F. Da nanociência à nanotecnologia: A realidade do futuro. **Ciência Elementar**, p. 4-59, 2014.
- MELO, C. P. D.; PIMENTA, M. Nanociências e Nanotecnologia. **Parcerias Estratégicas**, Brasília, n. 18, 2004.
- MOREIRA, A. M.; AIRES, J. A.; LORENZETTI, L. **Abordagem CTS e o Conceito Química Verde**: possíveis contribuições para o ensino de química. **ACTIO Docência em Ciências**, Curitiba, v. 2, p. 193-210, 2017.
- PEIXOTO, F. J. M. **Nanotecnologia e sistemas de inovação: implicações para política de inovação no Brasil**. Universidade Federal do Rio de Janeiro. RJ, 2013.
- PENTEADO, R. D. F. S.; CARVALHO, H. G. D.; STRAUHS, F. D. R. **Ciência, Tecnologia e Sociedade**: uma revisão teórico-empírica. **REVISTA ELETRÔNICA FAFIT/FACIC**, Itararé, v. 02, p. 35-43, 2011.
- PINHEIRO, N. A. M.; SILVEIRA, R. M. C. F.; BAZZO, W. A. **Ciência, Tecnologia e Sociedade**: a relevância do enfoque cts para o contexto do ensino médio. **Ciência & Educação**, Bauru, v. 13, p. 71-84, 2007.
- PISCOPO, M. R.; KNISS, C. T.; BIANCOLINO, C. A.; TEIXEIRA, C. E. O setor brasileiro de nanotecnologia: Oportunidades e desafios. **Revista de Negócios**, v. 19, n. 4, p. 43-63, 2015.
- REBELLO, G. A. F.; DE ARGYROS, M. M.; LEITE, W. L. L.; SANTOS, M. M.; BARROS, J. C.; DOS SANTOS, P. M. L.; DA SILVA, J. F. M. **Nanotecnologia, um tema para o ensino médio utilizando a abordagem CTSA**. **Química Nova na Escola**, Rio de Janeiro, v. 34, p. 3-9, fevereiro 2012.
- REZENDE, S. C. D. **TECNOLOGIA VESTÍVEL: A NANOTECNOLOGIA NA MODA E INDÚSTRIA TÊXTIL**. **Arte e Tecnologia**, Belo Horizonte, 31 julho 2013. 1-15.

RIBEIRO, J. D. S.; ASSIS, M. L. V. D. **Conhecendo a Nanociência e a Nanotecnologia: Uma Abordagem Interdisciplinar para o Ensino de Química, Física e Biologia no Nível Médio**. Instituto Federal Fluminense. Campos do Goytacazes, p. 13-60. 2012.

RODRIGUES, D. **Laboratório do IQ concretiza promessas das nanopartículas**, 2012. Disponível em: < <http://www5.usp.br/6046/laboratorio-do-iq-concretiza-promessas-das-nanopartículas/>> Acesso em 12/05/2017.

SANTOS, W. L. P. D.; SCHNETZLER, R. P. **Educação em Química**. 4. ed. Ijuí: Unijuí, 2010.

SILVA, S. L. A.; VIANA, M. M.; MOHALLEM, N. D. S. **Afinal, o que é Nanociência e Nanotecnologia?** Uma abordagem para o Ensino Médio. Química Nova Na Escola, p. 172-178, 2009.

TOMA, H. E. **Ética e humanismo em nanotecnologia**. Parc. Estrat., Brasília, n. 18, p. 1-248, 2004.

ZANETTI-RAMOS, B. G.; CRECZYNSKI-PASA, T. B. **O desenvolvimento da nanotecnologia: cenário mundial e nacional de investimento**. Ver. Bras. de Farm., Florianópolis, v. 89, n. 2, p. 95-101, junho 2008.



## APÊNDICE I

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia da Paraíba  
Campus João Pessoa  
Coordenação de Licenciatura em Química  
Disciplina: **TCC II**

Aluno (a):

Matrícula:

### PLANO DE UNIDADE DIDÁTICA

#### HABILIDADES E COMPETÊNCIAS

- Selecionar e utilizar instrumentos de medição e de cálculo, representar dados e utilizar escalas, fazer estimativas, elaborar hipóteses e interpretar resultados;
- Reconhecer modelos explicativos de diferentes épocas sobre a natureza dos materiais e suas transformações; por exemplo, identificar os principais modelos de constituição da matéria criados ao longo do desenvolvimento científico;
- Adquirir uma compreensão do mundo da qual a Química é parte integrante através dos problemas que ela consegue resolver e dos fenômenos que podem ser descritos por seus conceitos e modelos;
- Compreender o conhecimento científico e o tecnológico como resultados de uma construção humana, inseridos em um processo histórico e social;
- Compreender a ciência e a tecnologia como partes integrantes da cultura humana contemporânea.
- Reconhecer e avaliar o desenvolvimento tecnológico contemporâneo, suas relações com as ciências, seu papel na vida humana, sua presença no mundo cotidiano e seus impactos na vida social.
- Compreender que as interações entre matéria e energia, em um certo tempo, resultam em modificações da forma ou natureza da matéria, considerando os aspectos qualitativos e macroscópicos;
- Identificar transformações químicas pela percepção de mudanças na natureza dos materiais ou da energia, associando-as a uma dada escala de tempo;

#### CONTEÚDOS

- Teoria Atômica Moderna;
- Ordem de Grandeza;
- Nanociência e Nanotecnologia.

## PROCEDIMENTO METODOLÓGICO

Encontro	Procedimento	Tempo
1º	Inicialmente será questionado se alguém já possui ou não algum conhecimento sobre nanociência e nanotecnologia através de um Questionário de Sondagem. Em seguida será visto noções de medida e ordem de grandeza para que se entenda a representação da escala nanométrica. Após, os assuntos que constituem a teoria atômica serão abordados.	1h à 2h
2º	Neste encontro, serão vistos o conceito e as áreas de aplicação e impactos da nanociência e nanotecnologia reconhecendo sua característica interdisciplinar dando enfoque maior a química. Os alunos deverão conhecer, através de vídeos, fotos ou qualquer outro meio possível, instrumentos e técnicas de nanocaracterização de forma contextualizada com os acontecimentos do cotidiano além da evolução de usos e aplicações.	1h à 2h
3º	Neste encontro, os alunos deverão ter conhecimento sobre regras básicas de segurança no laboratório. Em seguida, será realizada a prática experimental “Síntese de Nanopartículas Superparamagnéticas (magnetita)”.	1h à 2h30min
4º	Finalização da prática experimental.	1h à 2h
5º	Será proposto que os discentes produzam uma redação dissertativa argumentativa sobre as aulas anteriores para que eles possam descrever a importância de ter participado das aulas e o quanto	1h à 2h

	significativo foi ter adquirido conhecimento sobre o tema abordado.	
--	---------------------------------------------------------------------	--

## RECURSOS DIDÁTICOS

- Data show
- Quadro branco
- Apostilas

## AVALIAÇÃO

A avaliação será qualitativa, tendo como instrumento o exercício com a função diagnóstica, considerando os seguintes critérios: o conhecimento do aluno no decorrer do processo ensino-aprendizagem, através de questionamentos em que haja interação dos discentes em aula bem como proposta de construção de redações dissertativas argumentativas.

## REFERÊNCIAS

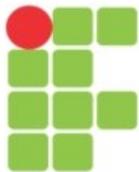
ATKINS, Peter; JONES, Loreta; Princípios de Química: questionando a vida moderna e o meio ambiente, Porto Alegre: Bookman, 2014.

FONSECA, Martha Reis Marques, da Completamente Química, Ciências, Tecnologia & Sociedade. São Paulo: Editora FTD S.A., 2001, 624 p.

Médio, Ensino. "orientações educacionais complementares aos Parâmetros Curriculares Nacionais." *Ciências da Natureza, Matemática e suas Tecnologias PCN+ Ensino Médio: Orientações Educacionais Complementares aos Parâmetros Curriculares Nacionais. Ciências da Natureza, Matemática e suas Tecnologias* (2002).

HISTÓRIA DE RITA, A. Afinal, o que é Nanociência e Nanotecnologia? Uma Abordagem para o Ensino Médio.





## APÊNDICE III

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia da Paraíba

Campus João Pessoa

### AULA EXPERIMENTAL

#### **Síntese de Nanopartículas Superparamagnéticas (magnetita)**

A Nanociência e a Nanotecnologia (N&N) representam o conjunto de ações de pesquisa, desenvolvimento e inovação que se baseiam nas propriedades especiais que a matéria exhibe quando organizada a partir de estruturas com dimensões na escala nanométrica (1 nanômetro = 1 bilionésimo do metro). A descoberta de novas propriedades físicas e químicas de materiais em nanoescala oferece oportunidades jamais vislumbradas para o desenvolvimento de sistemas e processos inovadores.

Nanopartículas magnéticas são sistemas formados por partículas nanométricas que, por estarem entre o estado molecular e atômico, possuem propriedades físicas e químicas bastante diferentes das observadas em materiais volumosos. Sua principal característica é o seu comportamento superparamagnético. Isso significa que elas são atraídas fortemente por um campo magnético, mas, assim que esse campo é removido, sua magnetização é reduzida a zero, não apresentando magnetização residual, como em utensílios de ferro metálico.

Existem diversas aplicações para estas nanopartículas supermagnéticas, como:

- **Separação magnética** - A técnica de separação magnética aproveita-se das forças de arraste sofridas pelas partículas em fluidos na presença de gradientes de campo magnético, para separar elementos específicos contidos em uma mistura. Em Biomedicina, diferentes estudos demonstraram a efetiva ligação entre partículas magnéticas cobertas com agentes imunológicos a glóbulos vermelhos, células cancerígenas pulmonares e urológicas, bactérias e complexos de Golgi.
- **Controle de administração de fármacos em pacientes** - O carregamento de drogas (drug delivery) por sistemas nanoparticulados

magnéticos assume importante papel pelas propriedades de serem conduzidas e retidas em uma determinada região do corpo. É considerada uma técnica valiosa para aperfeiçoar a liberação controlada de drogas diminuindo ou até evitando efeitos colaterais.

Percebendo a importância desta nanotecnologia, nós da Universidade João Pessoa (UJP) iremos nesta aula experimental sintetizar nanopartículas superparamagnéticas afim de observar o fenômeno magnético utilizando uma solução de  $\text{Fe}^{2+}$  e  $\text{Fe}^{3+}$  com a adição de uma base para formar  $\text{Fe}_3\text{O}_4$  (magnetita) e propor aplicações baseando-se nos exemplos citados acima. Observe a reação:



### Procedimento Experimental

Separar as seguintes vidrarias e reagentes:

- Béqueres;
- Balança;
- Agitador mecânico (Ou bastão de vidro);
- NaOH;
- $\text{FeSO}_4$ ;
- $\text{FeCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ ;
- Água destilada.

Metodologia:

- Dissolver, no béquer **A**, 1,5g de  $\text{FeSO}_4$  (0.01 mol) em 5mL de água destilada e, no béquer **B**, 5,4g de  $\text{FeCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$  (0.02mol) em 5 mL de água destilada; misturas as soluções dos béqueres **A** e **B** e homogeneizar.
- Preparar, no béquer **C**, solução de NaOH 3 mol.L<sup>-1</sup> (Dissolver, em 10mL de água destilada, 1.2g de NaOH).
- Sob agitação mecânica, adicione lentamente a solução alcalina do béquer **C** à solução que contém a mistura de sais de  $\text{Fe}^{2+}$  e  $\text{Fe}^{3+}$  e agitar lentamente por 10 minutos. A cor deverá mudar de laranja para preto.
- Em seguida, diluir uma alíquota da solução em água destilada, aproximar um ímã e observar.