



UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE
CENTRO DE EDUCAÇÃO E SAÚDE - CES
UNIDADE ACADÊMICA DE FÍSICA E MATEMÁTICA - UAFM
CURSO DE LICENCIATURA EM FÍSICA

MARIZA FERNANDES DE MORAIS

**UMA ABORDAGEM DE NANOCIÊNCIA E NANOTECNOLOGIA NO ENSINO
MÉDIO**

CUITÉ-PB

2019

MARIZA FERNANDES DE MORAIS

**UMA ABORDAGEM DE NANOCIÊNCIA E NANOTECNOLOGIA NO ENSINO
MÉDIO**

Trabalho de conclusão de curso apresentado ao curso de Graduação em Física da Unidade Acadêmica de Física e Matemática do Centro de Educação e Saúde da Universidade Federal de Campina Grande, como requisito parcial à obtenção do grau de licenciada em Física.

Orientador: Luis Alberto Terrazos Javier

CUITÉ - PB

2019

FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA NA FONTE
Responsabilidade Rosana Amâncio Pereira – CRB 15 – 791

M827a Morais, Mariza Fernandes de.

Uma abordagem de nanociência e nanotecnologia no ensino médio. / Mariza Fernandes de Morais. – Cuité: CES, 2019.

85 fl.

Monografia (Curso de Licenciatura em Física) – Centro de Educação e Saúde / UFCG, 2019.

Orientador: Luis Alberto Terrazos Javier.
Coorientador: Nilton Ferreira Frazão.

1. Ensino médio. 2. Nanociência. 3. Nanotecnologia. I.
Título.

Biblioteca do CES - UFCG

CDU 620.3

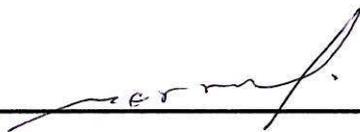
MARIZA FERNANDES DE MORAIS

**UMA ABORDAGEM DE NANOCIÊNCIA E NANOTECNOLOGIA NO ENSINO
MÉDIO**

Trabalho de conclusão de curso apresentado ao curso de Graduação em Física da Unidade Acadêmica de Física e Matemática do Centro de Educação e Saúde da Universidade Federal de Campina Grande, como requisito parcial à obtenção do grau de licenciada em Física.

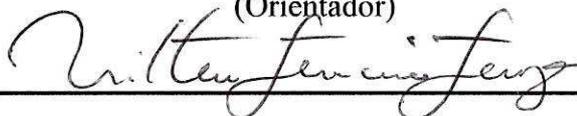
Aprovada em: **04 / 07 /2019**

BANCA EXAMINADORA



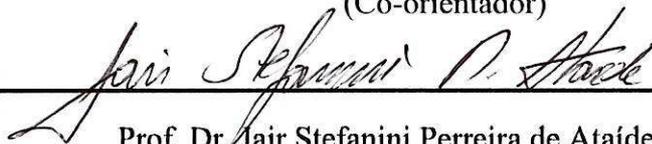
Prof. Dr. Luis Alberto Terrazos Javier

(Orientador)



Prof. Dr. Nilton Ferreira Frazão - UFCG

(Co-orientador)



Prof. Dr. Jair Stefanini Perreira de Ataíde – UFCG

(Examinador Interno)

AGRADECIMENTOS

Em primeiro lugar, agradeço a Deus por me ter dado forças para chegar até aqui.

A minha família, por todo apoio. Mesmo distante nunca deixaram de acreditar em mim, e sempre estiveram comigo me apoiando em todas as decisões tomadas na minha vida.

Ao meu orientador, por ter dado suas contribuições para o desenvolvimento deste trabalho.

A todos os meus professores do curso de licenciatura em Física deste campus, por todo carinho e dedicação. São uns professores fantásticos, pois eles acreditam nos alunos, até quando nós próprios não acreditamos mais. Sou grata por todos os ensinamentos que vocês me proporcionaram. Obrigada pelos conselhos, obrigada pela força, obrigada pela amizade, obrigada por ter feito essa minha trajetória tão brilhante.

À professora Carol, da escola Orlando Venâncio dos Santos, onde realizei a pesquisa, agradeço a mesma por todo carinho e dedicação.

A todos os meus amigos que aqui encontrei, e sempre estiveram torcendo por mim, e me dando forças todos os dias. Todos são especiais para mim, jamais os esquecerei. Foram pessoas que se tornaram minha família. Obrigada por tudo meus amigos.

Em especial agradeço à minha amiga e irmã Raquel. Realmente foi um presente de Deus na minha vida. Esteve comigo durante toda esta caminhada. Foi com ela que vivi os piores e os melhores momentos desta jornada. Obrigada por tudo.

À minha amiga linda, Rosane, que foi outro anjo colocado por Deus na minha vida. Uma pessoa maravilhosa de um coração enorme, com quem também tive a oportunidade de compartilhar momentos maravilhosos. Obrigada por tudo.

À minha amiga Girlene, que está comigo desde a infância. É uma pessoa muito importante na minha vida, uma irmã, uma menina de um coração gigante, que está presente em todos os momentos da minha vida. Ela foi meu maior incentivo para chegar até aqui. Obrigada por tudo.

Ao meu amigo tão especial Francisco Huandson, que não media esforços para me ajudar, nos momentos mais difíceis enfrentados por mim durante o curso. Principalmente nos problemas de saúde, ele sempre estava comigo. Obrigada por tudo.

À banca examinadora por ter aceitado participar, e ter dado suas contribuições para enriquecer o nosso trabalho.

Ao professor do curso de matemática José Luando. Foi a pessoa que chegou na hora certa nessa minha caminhada. Ele chegou em um dos momentos mais difíceis que eu enfrentava, Talvez se ele não estivesse chegado naquele momento, eu não estaria aqui, concluindo este curso. Foi um anjo colocado por Deus na minha vida. Muito Obrigada, Professor. Você possui um coração gigante. Você sim, sabe a diferença que um professor pode fazer na vida de um aluno (a).

À universidade Federal de Campina Grande, e em especial ao Centro de Educação e Saúde, por ter contribuído para minha formação.

Ao Programa Institucional de Bolsas de Iniciação a Docência – PIBID, por me ter proporcionado a oportunidade de conhecer o ambiente escolar, e o dia – á - dia de uma escola. À CAPES, pelo apoio financeiro. Ao programa de extensão (PROBEX), por todo o aprendizado, e pelo apoio financeiro.

À Residência Universitária, onde conheci pessoas maravilhosas que sempre me ajudaram durante esta trajetória.

Às amigas e irmãs do quarto seis, as pessoas que estiveram presentes no decorrer dessa caminhada, compartilhando os momentos felizes e tristes. Ana Maria (Aninha) Vanderlúcia, Girlene, Edmara, Naná e Edvania, vocês foram uma benção de Deus na minha vida. Amo vocês.

A duas pessoas maravilhosas que conheci na residência universitária, Diana e seu Zé, pessoas incríveis de um coração gigante, sempre me aconselhando e ajudando.

Enfim, agradeço à cidade de Cuité, a qual me acolheu tão bem, lugar de pessoas especiais e tão receptivas. Obrigada por tudo.

RESUMO

A nanociência é vista como uma ciência nova que permite inúmeras aplicações na nanotecnologia. É uma tecnologia que tem se destacado muito. É um novo mundo para a ciência, o mundo nanométrico. É uma área que tem contribuído para o crescimento econômico de diversos países. A nanociência e nanotecnologia prometem inovações em tudo. Desta forma ela não poderá deixar de ser incluída na educação básica. Ela precisa ser inserida no currículo das escolas urgentemente. O objetivo deste trabalho é introduzir o conceito de nanociência e nanotecnologia em uma escola de ensino médio, e apresentar as diversas aplicações existentes na nanotecnologia, que são obtidos a partir do uso dos nanomateriais, destacando os alótropos do carbono que são os nanomateriais de interesse no nosso trabalho, e permite inúmeras aplicações na nanotecnologia. Este trabalho foi desenvolvido na escola estadual Cidadã integral Orlando Venâncio dos Santos, em Cuité-PB, através de uma disciplina eletiva. Os alunos participantes foram Dos anos 1º, 2º e 3º ano do ensino médio. Para alcançar o objetivo proposto por nós, elaboramos uma sequência de estudos, que foi aplicada no segundo semestre do ano de 2018. A disciplina nanociência e nanotecnologia teve uma duração de cinco meses. As aulas foram distribuídas da seguinte forma: Começamos abordando alguns tópicos da física quântica que são essenciais a compreensão do tema nanociência, logo após iniciamos as aulas sobre nanociência e nanotecnologia, definindo cada um dos dois termos em seguida explorando o estudo dos alótropos do carbono, que são eles: grafite, diamante, Grafeno, nanotubos de carbono e fulereno, os quais possuem muitas aplicações na nanotecnologia, principalmente na medicina, eletrônica, meio ambiente, farmácia e nos cosméticos. Os materiais utilizados na sala de aula foram apostilas, filmes, documentários, dinâmicas e apresentações em slides. Para coleta dos resultados sobre a introdução deste tópico na escola, utilizamos um questionário como método de avaliação. As respostas apresentadas pelos alunos não tiveram muitas divergências com o tema que foi trabalhado na eletiva. A partir desta pesquisa os discentes passaram a ter uma compreensão melhor acerca do tema. Eles transpareceram ter uma nova visão sobre a importância da ciência na sociedade, e a necessidade dela ser discutida no ambiente escolar de forma muito mais ampla.

Palavras-chaves: Ensino médio, nanociência, nanotecnologia.

ABSTRACT

Nanoscience is seen as a new science that allows numerous applications in nanotechnology, is a technology that has stood out a lot, is a new world for science, the nanometer world is an area that has contributed to the economic growth of various countries. Nanoscience and nanotechnology promises innovations at all. In this way nanoscience and nanotechnology can not fail to be included in basic education, it needs to be inserted in the curriculum of schools urgently. The aim of this work is to introduce the concept of nanoscience and nanotechnology in a high school, and present the various applications in nanotechnology that are obtained from the use of nanomaterials, highlighting the carbon allotropes that are the nanomaterials of interest in the our work, and allows numerous applications in nanotechnology. The work was developed at the state school Orlando Venâncio dos Santos, in Cuité-PB, through an elective course, the students were 1st, 2nd and 3rd year of high school. To achieve the goal proposed by us, we developed a sequence of studies, which was applied in the second half of 2018, the discipline nanoscience and nanotechnology lasted five months. The classes were distributed as follows: We began by discussing some topics of quantum physics that are essential for understanding the nanoscience theme, soon after we started the classes on nanoscience and nanotechnology, defining each of the two terms then exploring the study of carbon allotropes, which are: Graphene, carbon nanotubes and fullerene, which have many applications in nanotechnology, mainly in medicine, electronics, environment, pharmacy and cosmetics. The materials used in the classroom were handouts, films, documentaries, dynamics and slide presentations. To collect the results on the introduction of this topic in school, we used a questionnaire as an evaluation method, the answers presented by the students did not have many differences with the topic that was worked in the elective. From this research the students have a better understanding about the subject, they will have a new vision about the importance of science in society, and the need to be discussed in the school environment much more broadly.

Keywords: Teaching, nanoscience, nanotechnology.

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1. Imagem de uma pulga representando o nanômetro	15
FIGURA 2. O planeta terra representando o metro.....	15
FIGURA 3 Escala manométrica de materiais naturais e artificiais	16
FIGURA 4. Inventores do STM	17
FIGURA 5. Esquema de funcionamento do STM.....	18
FIGURA 6. Esquema de funcionamento do AFM.....	19
FIGURA 7. Logomarca da IBM, feita com átomos de xenônio	19
FIGURA 8. Métodos de produção de nanomateriais	21
FIGURA 9. Imagem de uma amostra do diamante	23
FIGURA 10. Estrutura cristalina do diamante.....	24
FIGURA 11. Imagem de uma amostra do grafite	25
FIGURA 12. Estrutura atômica do grafite	26
FIGURA 13. Estrutura Hexagonal do grafeno	28
FIGURA 14. Nanotubo de carbono de parede simples	30
FIGURA 15. Representação de nanotubo de carbono de parede múltipla	31
FIGURA 16. Estrutura do fulereno	32
FIGURA 17. Trajetória histórica da nanotecnologia.....	35
FIGURA 18. Áreas de aplicações relacionadas com a nanotecnologia	37
FIGURA 19. Projeto futurístico de um “nano-robô” perfurando uma célula	40
FIGURA 20. Resposta da primeira questão do questionário número 1.....	55
FIGURA 21. Resposta da segunda questão do questionário número 1.....	56
FIGURA 22. Resposta da terceira questão do questionário número 1.....	57

FIGURA 23. Resposta da quarta questão do questionário número 1.....	58
FIGURA 24. Resposta da quinta questão do questionário número 1.....	59
FIGURA 25. Resposta da primeira questão do questionário número 2	60
FIGURA 26. Resposta da segunda questão do questionário número 2	61
FIGURA 27. Resposta da terceira questão do questionário número 2	62
FIGURA 28. Resposta da quarta questão do questionário número 2	63
FIGURA 29. Resposta da quinta questão do questionário número 2	64
FIGURA 30. Resposta da sexta questão do questionário número 2	65
FIGURA 31. Resposta da sétima questão do questionário número 2	66
FIGURA 32. Resposta da oitava questão do questionário número 2	67

LISTA DE SIGLAS

AFM – Microscópio de força atômica

CAS - Academia Chinesa de ciências

CNPQ – Conselho nacional de desenvolvimento científico e tecnológico

ECI – Escola cidadã integral

ENEM – Exame nacional do ensino médio

EUA – Estados unidos da américa

IBM - International business machines

LDB – Lei de diretrizes e base da educação nacional

MET – Microscópio eletrônico de transmissão

NC – Nanotubo de carbono

NCPS – Nanotubos de carbono de paredes simples

NCPM – Nanotubos de carbono de paredes múltiplas

NST - Nanoscience e nanotecnologia

NNI - National nanotechnology initiative

N&N – Nanociência e nanotecnologia

STM - Scanning tunneling microscope

SHINE - St. helena innovation nanotechnology education

SESI – Serviço social da indústria

SENAI - Serviço nacional de aprendizagem industrial

UNICAMP - Universidade estadual de campinas

Sumário

1. INTRODUÇÃO	13
2. NANOCIÊNCIA	15
2.1 A dimensão “nano”	15
2.2 Técnicas Experimentais.....	17
2.3 Nanomateriais	21
2.4 Alotrópos do carbono	23
2.4.1 O diamante	23
2.4.2 Grafite	26
2.4.3 Grafeno.....	28
2.4.4 Nanotubos de carbono	29
2.4.5 Técnicas de produção de nanotubos de carbono	31
2.4.6 Fulereo.....	32
3. NANOTECNOLOGIA	35
3.1 Aplicações dos alótropos do carbono na nanotecnologia.....	39
3.1.1 Grafeno.....	39
3.1.2 Nanotubos de carbono	41
3.1.3 Fulereo.....	42
3.2 Investimentos internacionais em nanotecnologia.....	43
3.2.1 Investimentos em nanotecnologia no Brasil.....	45
4. O ENSINO DE NANOCIÊNCIA E NANOTECNOLOGIA NAS ESCOLAS BRASILEIRAS E NO EXTERIOR	46
4.1 O ENSINO DE NANOCIÊNCIA E NANOTECNOLOGIA NAS ESCOLAS DO EXTERIOR	49
5. AULAS SOBRE NANOCIÊNCIA E NANOTECNOLOGIA EM UMA DISCIPLINA ELETIVA NA ESCOLA CIDADÃ INTEGRAL ORLANDO VENÂNCIO DOS SANTOS	52
OBJETIVO GERAL	52
OBJETIVOS ESPECÍFICOS	52
METODOLOGIA DA PESQUISA	53
RESULTADOS E DISCUSSÃO	55
DIFICULDADES ENCONTRADAS NA PESQUISA	66
6. CONSIDERAÇÕES FINAIS	68
7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	70
8. APÊNDICE	74
9. ANEXOS	84

1. INTRODUÇÃO

A nanociência e nanotecnologia estão causando um grande impacto na sociedade. É uma área que vem revolucionando a ciência e promovendo os melhores resultados na produção de produtos tecnológicos. A nanotecnologia tem se tornado um dos temas mais comentados na atualidade, por ser um campo interdisciplinar e possuir aplicações em diversas áreas. As propriedades apresentadas por alguns materiais quando se encontram na escala nanométrica são fantásticas, e é a partir dessas novas propriedades adquiridas por eles que é possível construir diversos produtos tecnológicos, apresentando excelentes características, como leveza, flexibilidade e durabilidade.

A nanotecnologia traz aplicações em muitas áreas, tais como: Engenharia, Medicina, Informática, Meio Ambiente, Eletrônica e entre outras. São muitos os setores que já utilizam nanotecnologia na construção de produtos. Todos esses avanços nesta área só foram possíveis graças à criação de dois importantes aparelhos microscópicos: O Microscópio Tunelamento por Varredura - STM e o Microscópio de Força atômica – AFM. Quando esses instrumentos apareceram foi possível visualizar e manipular os átomos. A partir daí, começou o desenvolvimento da nanotecnologia, a criação de vários produtos tecnológicos.

A construção desses novos materiais tem chamado a atenção de diversos países para investir pesadamente neste campo. A disputa existente entre eles é imensa; cada um quer apostar nesta área e obter resultados surpreendentes. A nanociência e nanotecnologia podem mudar o setor científico e econômico de qualquer país. A pesquisa nesta área tem crescido muito, principalmente nos países desenvolvidos.

Apesar de todos os avanços existentes na nanociência e nanotecnologia, o ensino deste tópico na educação básica ainda não está tão presente no ambiente escolar, em muitos países, inclusive no Brasil. E tendo este tema como uma perspectiva de grandes mudanças econômicas, é de fundamental importância que os alunos tanto do ensino fundamental como do nível médio tenham um contato imediato com o mesmo, que é de extrema relevância. É necessário que exista uma preparação e esses estudantes possam se tornar no futuro grandes pesquisadores, e que venham a contribuir com o crescimento econômico de seu país.

Diante disso, o objetivo deste trabalho é introduzir o conceito de nanociência e nanotecnologia em uma escola de ensino médio, e apresentar as diversas aplicações existentes

na nanotecnologia, que são obtidos a partir do uso dos nanomateriais, destacando os alótropos do carbono que são os nanomateriais de interesse no nosso trabalho, e permite inúmeras aplicações na nanotecnologia.

A seguir apresentarei os capítulos que compõem este trabalho. O capítulo 1 traz uma introdução sobre a nanociência. Nele mostraremos como surgiu este tema, quem foi o grande protagonista da descoberta desta área, abordaremos ainda a escala nanométrica, os nanomateriais, um breve contexto histórico sobre o surgimento dos microscópios eletrônicos, que foi um ponto muito importante na nanociência, mostraremos também um dos elementos químicos que mais contribuiu com a nanociência, que é o carbono e seus magníficos alótropos, o grafite, diamante, grafeno, nanotubos de carbono e fulereno. No capítulo 2, mostrarei o que é a nanotecnologia e suas extraordinárias aplicações existentes e as que estão em fase de desenvolvimento. A nanotecnologia é uma área que tem proporcionado grandes avanços na construção de dispositivos eletrônicos. O referente capítulo ainda abordará algumas das várias aplicações existentes dos alótropos do carbono na nanotecnologia. O capítulo 3, apresenta o cenário brasileiro e internacional referente ao ensino de nanociência e nanotecnologia na educação básica. No capítulo 4, descrevemos a introdução dos tópicos nanociência e nanotecnologia na Escola Cidadã Integral – ECI, em Cuité na Paraíba, a partir de aulas realizadas em uma disciplina eletiva, que compõe a grade curricular desta escola que funciona em tempo integral. Ainda detalharemos neste capítulo a metodologia utilizada na pesquisa, como o método usado para obtenção de dados. No último capítulo, fazemos as considerações finais e possíveis orientações sobre nosso trabalho.

CAPÍTULO 1

2. NANOCIÊNCIA

A nanociência está diretamente relacionada ao estudo das dimensões nanométricas dos materiais, e possui aplicações em diversas áreas do conhecimento, tais como: Física, Química, Biologia, Informática e Medicina entre outras. A palavra “nano” vem do grego e quer dizer anão, algo muito pequeno que descreve uma ordem de grandeza de $10^{-9}m$, a bilionésima parte do metro. A nanociência passou a ser conhecida mesmo no século XX, mas precisamente no ano de 1959, com o físico americano Richard Feynman, a partir de uma palestra ministrada por ele, intitulada “Há muito mais espaço lá em baixo”. Foi Feynman que teve a ideia de que poderia manipular átomos e moléculas, Para ele, o homem conseguiria movimentar os átomos em dimensões atômicas, e a partir disso construir estruturas de dimensões nanométricas, onde iria promover uma grande revolução científica e tecnológica na ciência. Na palestra, Feynman falava sobre o porquê de não escrever os vinte e quatro volumes da enciclopédia britânica na cabeça de um alfinete? Um espaço que aparentemente parecia tão pequeno, como poderia comportar tantas informações, a ponta da cabeça do alfinete possui $1/16$ de uma polegada = $0,0015875m$.

No ano de 1965, Feynman ganhou o prêmio Nobel em física, juntamente com Sin-Itiro Tomonaga e Julian Schwinger, por ter dado suas contribuições na construção da teoria quântica, ele desenvolveu um excelente trabalho na eletrodinâmica quântica, com importante uso nas partículas elementares.

2.1 A dimensão “nano”

A dimensão “nano” é uma grandeza tão pequena, mas que possui um enorme significado para a nanociência e nanotecnologia. Para entendermos melhor o quão pequeno é a grandeza “nano”, vamos fazer uma comparação entre duas figuras, onde uma representa o nanômetro e outra o metro. A Figura 1 mostra a imagem de uma pulga que representa o nanômetro, e na Figura 2 temos a imagem do planeta terra.

Figura 1: A imagem da pulga representando o nanômetro.



Fonte: <https://bycontrol.com.br/voce-sabia-que-pulgas-podem-causar-anemia-no-seu-pet>

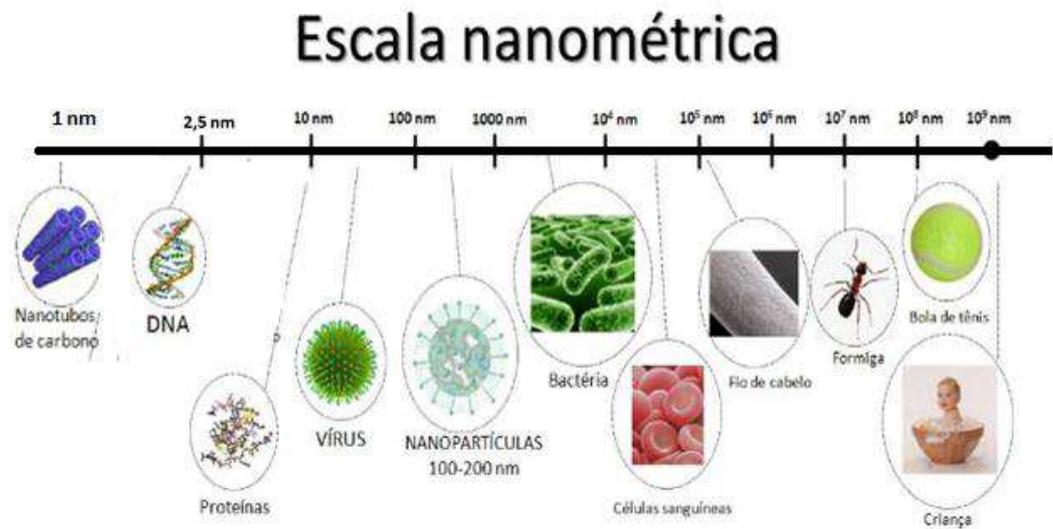
Figura 2: O planeta Terra representando o metro.



Fonte: https://br.freepik.com/fotos-gratis/globo-planeta-terra-espaco-mundo_669209.htm

Diante desta comparação podemos perceber que o nanômetro é uma medida extremamente pequena, em notação decimal o metro equivale à $10^2m = 100m$ e o nanômetro $10^{-9}nm = 0,000000001m$. Vamos mostrar as dimensões de algumas espécies típicas, e a escala que elas ocupam, e assim ter uma noção maior desse tamanho, $1nm$ corresponde à 10 átomos enfileirados, uma molécula de DNA tem cerca de $2,5nm$, um nanotubo de carbono apresenta na escala nanométrica um diâmetro de $1nm$, um único fio de cabelo tem de 80.000 à $100.000nm$, a escala nano é sem dúvida muito pequena. A Figura 3 mostra algumas das espécies citadas anteriormente e outras não mencionadas, suas dimensões e posições que elas se encontram na escala nanométrica.

Figura 3: Escala nanométrica de alguns materiais naturais e artificiais.



Fonte: <http://www.studiofmita.com.br/Studio/?p=9306>

Os materiais que se encontram na escala nanométrica, geralmente têm de 1 a 100nm. São os que mais chamam a atenção para serem estudados, e possibilitam um amplo desenvolvimento na nanotecnologia por permitir a construção de novos materiais. A propriedade dos materiais na dimensão “nano” muda completamente da do mundo macroscópico, que é o principal interesse da nanociência e nanotecnologia.

2.2 Técnicas Experimentais

MICROSCÓPIO TUNELAMENTO POR VARREDURA - STM

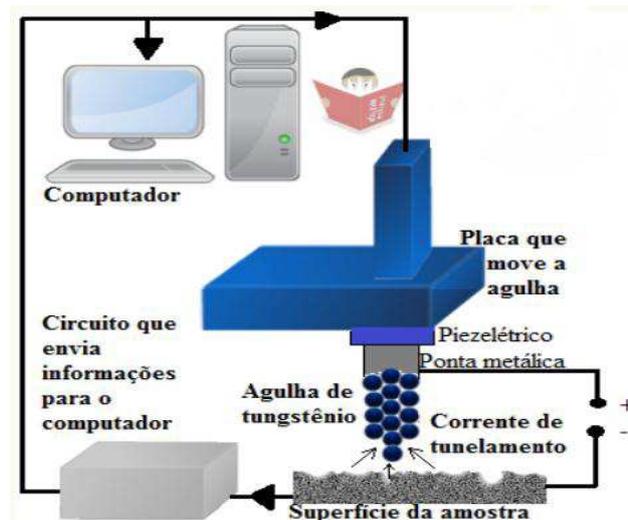
A ideia de Feynman só começou a tornar realidade no final da década de 70, início dos anos 80, quando os físicos europeus Gerd Binnig e Heinrich Rohrer desenvolveram o microscópio Scanning Tunneling Microscope – (STM), em 1979, na International Business Machines – IBM em Zurique na Suíça (BINNIG, ROHRER, GERBER, 1982).

Figura 4: Inventores do STM

Fonte: <http://quantumstm.blogspot.com/2005/11/what-is-scanning-tunneling-microscope.html>

A descoberta do STM rendeu aos dois inventores o prêmio Nobel de física de 1986. Eles não ganharam sozinhos o Nobel; Ernts Ruska também ganhou, por ter realizado um excelente trabalho em óptica eletrônica e projetar o primeiro microscópio Eletrônico de transmissão – MET (NOBELPRIZE.ORG,1986). O STM desenvolvido por Binnig e Rohrer trouxe grandes contribuições para ciência, pois o homem passou a visualizar e manipular os átomos e moléculas. O STM é um microscópio que funciona com uma pequena ponta que é feita de um material condutor. Essa ponta varre toda a superfície de um material que se deseje analisar, podendo tanto gerar imagens como movimentar os átomos. O funcionamento do microscópio de tunelamento por varredura exige o uso de alguns conceitos físicos, principalmente da mecânica quântica, como o efeito de tunelamento, onde a partícula pode atravessar de um estado de energia que na mecânica clássica é totalmente proibido, para outro. Se a partícula estiver cercada por uma barreira, ela pode sair, mesmo que sua energia cinética seja menor que a energia potencial da barreira. Classicamente a partícula só conseguiria transpor a barreira se ela conseguisse energia cinética superior à energia da barreira (EISBERG,1979). A Figura 5 mostra um esquema de como funciona o microscópio de tunelamento por varredura.

Figura 5: Esquema de funcionamento do microscópio de tunelamento por varredura



Fonte: <https://alunosonline.uol.com.br/quimica/microscopio-tunelamento-com-varredura-stm.html>

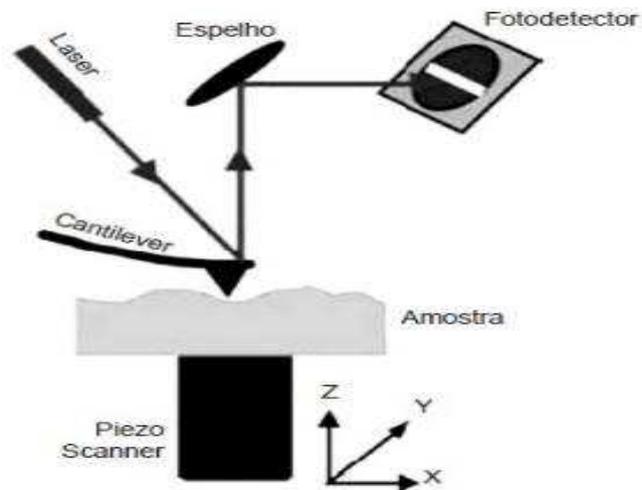
A partir da descoberta do microscópio de tunelamento de varredura o STM, e outros microscópios foram construídos também, tais como: microscópio de varredura por sonda (SPM), microscópio de força atômica (AFM), microscópio de força magnética (MFM) e o microscópio de força eletrostática (EFM). Esses aparelhos foram construídos com o objetivo de que novos estudos sobre a escala nanométrica fossem feitos.

MICROSCÓPIO DE FORÇA ATÔMICA – AFM

O microscópio de força atômica – AFM foi outra grande descoberta. Surgiu no ano de 1986, inventado por Binnig, Quate e Gerber (DRAKOVA, 2001) e também trouxe grandes contribuições para a ciência. Os materiais que eram isolantes poderiam ser visualizados e manipulados, Este microscópio não utiliza corrente de tunelamento, e sim as forças de interações atômicas. Era mais um extraordinário avanço para o campo da nanociência. O funcionamento do AFM é baseado no processo de interação que acontece entre os átomos que compõem a superfície do material que está sendo analisado e os átomos que estão na ponta do aparelho, neste caso do AFM. A figura 5 apresenta o diagrama do funcionamento do AFM.

Muito melhor do que enxergar átomos, com certeza é conseguir manipulá-los. Isso acontece quando se aplica uma tensão elétrica entre a ponta do aparelho e o material que está sendo estudado, assim é possível obter a manipulação dos átomos.

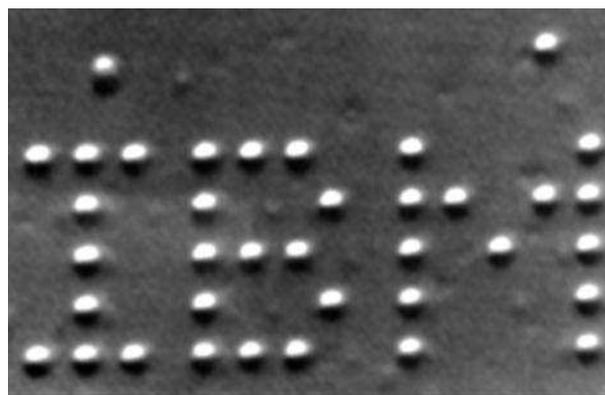
Figura 6 – Diagrama do funcionamento do microscópio de força atômica - AFM



Fonte: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0366-69132011000200007

No ano de 1989, o pesquisador americano Don Eigler do laboratório da IBM na Califórnia, nos Estados Unidos (CARDOSO,1992), ele conseguiu escrever as letras da logomarca da empresa com átomos de xenônio. Cerca de 35 átomos foram utilizados neste processo, colocados sobre uma superfície de níquel. Isso causou uma grande revolução naquela época, pois outros pesquisadores também queriam obter a melhor técnica para movimentar os átomos de um lugar para outro. A Figura 7 mostra a logomarca da empresa.

Figura 7: Logomarca da IBM, feita com átomos de xenônio.



Fonte: [https://en.wikipedia.org/wiki/IBM_\(atoms\)#/media/File:IBM_in_atoms.gif](https://en.wikipedia.org/wiki/IBM_(atoms)#/media/File:IBM_in_atoms.gif)

A logomarca da empresa construída pelos pesquisadores com átomos de xenônio alinhados, e assim formaram o nome IBM.

A aplicação da nanociência está acontecendo basicamente graças à invenção destes dois aparelhos microscópicos. O STM e AFM foram os grandes responsáveis pelo avanço da

nanociência. A ideia de Feynman de visualizar e manipular átomos tornou-se realidade. O homem enfim conseguiu tocar o ponto fundamental da matéria. A partir do momento que foram feitas essas descobertas, o que se podia imaginar era possibilidade de novos materiais serem construídos, principalmente no meio eletrônico.

2.3 Nanomateriais

Os nanomateriais são materiais de escala nanométrica. Surgiram no século XX, mas só começaram a ser manipulados e usados mesmo no século XXI. A visualização desses nanomateriais só é possível com o auxílio de instrumentos microscópicos superpotentes. Graças a esses instrumentos de alta resolução é possível analisar detalhadamente os nanomateriais.

Os nanomateriais são objeto de estudo da nanociência e nanotecnologia. A nanociência trabalha com a exploração desses nanomateriais para que novos objetos possam ser construídos, e foram eles que fizeram com que a nanotecnologia se tornasse a ciência mais comentada do século XXI. As propriedades desses materiais na escala nanométrica permitem inúmeras aplicações, no campo da nanotecnologia principalmente no meio da eletrônica e na área da saúde, e é exatamente por isso que eles são considerados tão importantes.

Os materiais obtidos na escala nanométrica vão muito além de uma simples miniaturização de tamanho; a grande motivação mesmo para a exploração desses materiais é a propriedade física que eles apresentam. São valores importantíssimos para a obtenção de um novo material. Podemos analisar um material que é metálico totalmente condutor na escala macroscópica; esse mesmo material, quando é submetido a escala nanométrica, suas propriedades mudam, e este mesmo material pode tornar um isolante.

Os nanomateriais são obtidos a partir de dois processos, que são bastantes conhecidos no meio tecnológico, e são separados em dois métodos.

BOTTOM-UP

O primeiro é chamado de “baixo para cima” ou “bottom-up”, Esse procedimento acontece quando partimos dos átomos e moléculas para construir um determinado material, e obter um nano – objeto.

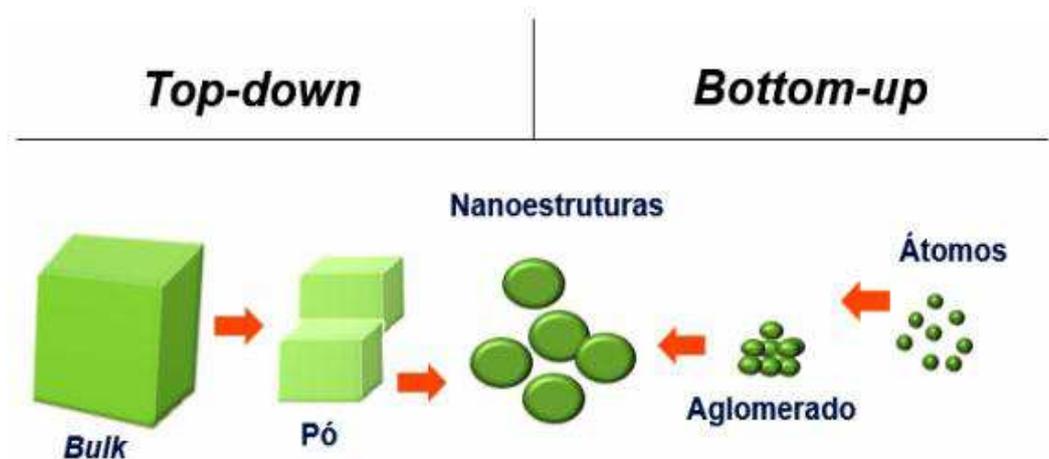
No “bottom-up”, as nanoestruturas podem ser fabricadas de três formas, que são elas: A síntese química, a auto-organização e a organização determinada. No primeiro caso, para

produzir a matéria prima utilizam partículas nano. No segundo item, a construção de nanoestruturas acontece através de átomos e moléculas, que se agrupam e formam o objeto desejado. Já no último caso, as moléculas são manipuladas e obedecem uma determinada sequência. Para entendermos melhor como funciona “bottom-up”, vamos imaginar vários bloquinhos; esses mini-blocos são agrupados e formam blocos maiores. O procedimento de “baixo para cima” funciona basicamente desta forma.

TOP – DOWN

O segundo método é o de “cima para baixo” ou top – down é um processo que vai do grande para o pequeno, saímos de um objeto macroscópico para um nanomaterial. É realizada a fabricação de estruturas em nanoescala, a partir de técnicas ou uso de máquinas adequadas para esse procedimento. Este método está sendo usado atualmente para construir chips de computador. A Figura 8 mostra os dois métodos citados anteriormente, que são utilizados para se obter nanomateriais. Com a criação dos microscópicos STM e AFM foi possível manipular os átomos, e construir objetos a partir dos mesmos. Como já sabemos, todas as coisas são feitas de átomos. E os nanomateriais são sem dúvida, essenciais para o desenvolvimento da nanociência.

Figura 8: métodos de produção de nanomateriais.



Fonte: <https://www.lume.ufrgs.br/bitstream/handle/10183/132144/000983049.pdf?seq>

Quando falamos em nanomateriais, logo pensamos no elemento químico carbono e suas importantes nanoestruturas. É um dos elementos químicos de maior interesse da nanociência e nanotecnologia. As propriedades dos nanomateriais do carbono permite muitas aplicações tecnológicas. As nanoestruturas apresentam um enorme potencial, principalmente na

construção de dispositivos eletrônicos. A seguir vamos mostrar um breve contexto histórico do elemento químico carbono, e definir alguns dos seus alótropos como: o diamante, grafite, grafeno, nanotubos de carbono e fulereno

2.4 Alotrópos do carbono

O nome carbono foi atribuído por Lavoisier, em 1789, do latim carbo, carvão, em francês carbone. Desde o tempo pré-histórico, o homem já conhecia o carbono, quando era predominantemente encontrado sob a forma de carvão. Por ser um elemento encontrado na natureza, o carbono começou a ser objeto de pesquisa de Lavoisier no século XVIII e diversas de suas propriedades começaram a surgir, através de seus alótropos, que tinham propriedades completamente distintas (KREBS, 2006). O carbono pode ser encontrado na natureza de diferentes formas alotrópicas, destacando aqui os que são de maior interesse: grafeno, nanotubos de carbono e fulereno.

O carbono é um dos elementos químicos mais importantes e estudados. É objeto de estudo da química orgânica, que é considerada a base fundamental para a exploração do carbono, pertence ao grupo dos não-metais, possui um número atômico 6, é tetravalente, pode fazer quatro ligações covalentes com outros átomos, como também pode fazer ligações simples duplas e triplas com átomos de carbono, possui uma distribuição eletrônica $1s^2 2s^2 2p^2$, e é representado pela letra “C”.

É o 14º elemento mais abundante na Terra. Na tabela periódica está situado no grupo 4ª. Além disso, é o 6º elemento mais abundante no universo, estando atrás apenas de hidrogênio, hélio, oxigênio, neônio e nitrogênio (KREBS, 2006).

2.4.1 O diamante

O diamante, é bastante raro, é um cristal sob uma forma alotrópica do carbono, possui uma fórmula química C, e é sem dúvida uma pedra dura, brilhante e resistente, é um material translúcido e de cor clara, é um isolante elétrico. Por possuir uma estrutura tão perfeita, apresenta essas características de ser resistente e translúcido. É composto também por ligação covalente e molecular, possui uma hibridização de sp^3 , a hibridização é o que difere o diamante das outras formas alotrópicas do carbono. A Figura 9 apresenta a imagem de uma amostra de diamante, onde podemos perceber a pureza e o brilho desse cristal.

Figura 9: Imagem de uma amostra do diamante.



Fonte: <http://gemstone512.blogspot.com/2014/02/diamond-stone.html>

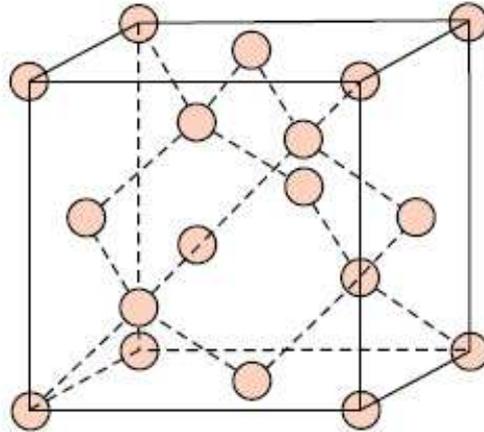
É um sólido cristalino, ele é composto por um arranjo periódico de átomos, logo o diamante tem algumas características importantes, como a rede de Bravais, onde qualquer ponto tem os seus vizinhos, e esses pontos são idênticos como as orientações também, podendo ser átomos, íons ou moléculas. As redes de Bravais, que é um conjunto de pontos obedecem a duas definições importantes, que são elas: É uma agregação de pontos no espaço, que vista de qualquer posição parece sempre à mesma, a segunda é a união de pontos, onde o vetor posição que se encontra em qualquer um dos pontos é dado pela seguinte relação:

$$\mathbf{R}_n = n_1 \mathbf{a}_1 + n_2 \mathbf{a}_2 + n_3 \mathbf{a}_3$$

Onde n_1, n_2, n_3 são inteiros e $\mathbf{a}_1, \mathbf{a}_2, \mathbf{a}_3$ são vetores coplanares.

A estrutura do diamante é composta por átomos de carbono, eles são distribuídos nos vértices do tetraedro, como mostra a Figura 10 cada átomo de carbono, possui quatro vizinhos mais próximos, e ainda mais 12 átomos adjacentes, o cubo da estrutura do diamante possui 8 átomos (KITTEL,1978).

Figura 10: Estrutura cristalina do diamante.



Fonte: <https://www.blogdovestibular.com/questoes/questao-comentada-interacoes-diamante.html>

O diamante possui importantes propriedades, são elas: Térmicas, mecânicas e elétricas.

PROPRIEDADES ELÉTRICAS

O diamante não possui o movimento ordenado de elétrons, ou seja, não existe uma movimentação dos elétrons, e só é possível existir corrente elétrica a partir deste fato. Por isso o diamante não conduz eletricidade.

O diamante pode ser encontrado de duas formas, o natural e o sintético. A grande maioria dos diamantes tem uma resistência da ordem de 10^{11} à $10^{18} \mu m$ (HELMENSTINE, 2018).

PROPRIEDADES TÉRMICAS

A resistência ao calor faz com que o diamante torne-se um material importante. Essa característica apresentada por ele de conduzir calor é devido a uma forte ligação covalente existente entre os átomos de carbono. A condutividade térmica do diamante natural é de aproximadamente $\frac{22 \text{ w}}{\text{cm.k}}$, com isso ele exibe uma maior condutividade térmica que o cobre. A alta condutividade térmica do diamante faz com que ele seja muito usado nas aplicações tecnológicas.

PROPRIEDADES MECÂNICAS

O diamante é um cristal bastante duro, ele contém uma excelente resistência e um baixo coeficiente de atrito. Essa importante propriedade apresentada por este material permite muitas aplicações, um exemplo é a construção de equipamentos para fazer cirurgias, como facas. São essas propriedades apresentadas pelo diamante que o diferencia de outros elementos.

2.4.2 Grafite

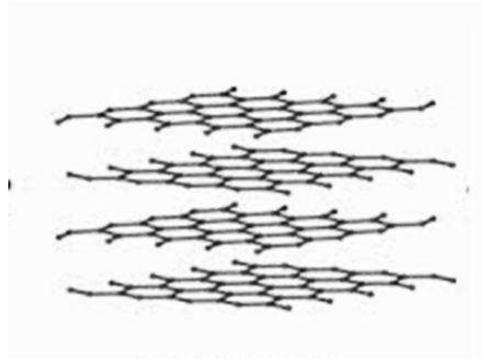
O grafite é formado por camadas de átomos de carbono. A forma que os átomos são distribuídos permite a formação de folhas, com formato de anéis. É algo muito semelhante a uma tela de proteção ou favo de mel. Os traços do grafite deslizam uma sobre as outras, quando escrevemos o processo que ocorre é justo desta forma, as linhas que são deixadas pelo grafite são as camadas de grafeno formada por átomos de carbono. O que difere o grafite do diamante é o arranjo molecular dos átomos, porque ambos são formados do mesmo elemento químico. Na estrutura do grafite, os elétrons se movimentam de forma muito mais livre. Ele é um ótimo condutor elétrico, tem sua estrutura formada por apenas ligações fracas, de átomos de carbono e por isso é mais maleável, a estrutura do grafite é covalente, com cada átomo de carbono ligado há mais três átomos do mesmo elemento com um arranjo hexagonal. Veja as respectivas figuras do grafite e de sua estrutura atômica, a Figura 11 exibe uma amostra do grafite, e a Figura 12 a estrutura molecular formada por átomos de carbono.

Figura 11: Imagem de uma amostra do grafite.



Fonte: <https://br.depositphotos.com/138574318/stock-video-graphite>

Figura 12: estrutura atômica do grafite.



Fonte: <http://quimicoestudante.blogspot.com/2012/06/>

O grafite apresenta baixa densidade, alta temperatura de sublimação, grande resistência mecânica, uma alta condutividade térmica. Isso acontece devido à forte ligação covalente, e não reage com os ácidos. A junção de todas essas propriedades faz com que o grafite torne-se um excelente material, e muito desejado por permitir várias aplicações. No setor industrial, ele permite inúmeras aplicações. Vamos citar algumas delas: lubrificantes sólidos, tintas que são usadas para proteger materiais como o ferro e o aço, escovas de motores elétricos, e uma das mais importantes e talvez a mais conhecida por todos, é encontrado no lápis, é o grafite que compõe a estrutura desse material que é tão usado no dia-a-dia de todos nós, e existem outras diversas aplicações para este alótropo.

O grafite também exibe suas importantes propriedades, elétricas, mecânicas e térmicas.

PROPRIEDADES ELÉTRICAS

Apesar do grafite ser derivado do mesmo elemento químico que o diamante, ambos apresentam estruturas elétricas diferentes. O grafite é um excelente condutor elétrico, ele tem um fluxo fácil de elétrons, devido aos elétrons de valência permanecerem livres e por isso é um ótimo condutor.

PROPRIEDADES TÉRMICAS

O grafite exibe uma alta condutividade térmica, conduz calor, como também apresenta importantíssimos valores de coeficientes de expansão térmica, essa expansão térmica do grafite é baixa, com isto ele pode ser levado a altas temperaturas e não haver grandes modificações na amostra, é um material muito difícil de derreter. Essa característica

de não se expandir tão fácil é importante no campo das aplicações, principalmente na indústria, na fabricação de moldes e vidros.

2.4.3 Grafeno

O grafeno, só foi observado pela primeira vez em 1962, pelos químicos alemães Ulrich Hofmann e Hanns-Peter Boehm. Foi Boehm quem o batizou, mas suas propriedades ficaram desconhecidas por décadas. Depois de um longo período, elas voltaram a aparecer novamente em grande estilo no ano de 2004, na Universidade de Manchester. Os pesquisadores André Geim e Konstantin Novoselov da Universidade de Manchester, na Inglaterra, apresentaram uma técnica para a obtenção de um novo material chamado grafeno. A técnica utilizada para obter este material foi a seguinte: Grafeno obtido pelo método de esfoliação mecânica, é por meio de um processo de esfoliação feito a partir do grafite, trata-se de uma esfoliação micromecânica, onde uma fita adesiva é aplicada no grafite, logo depois, a fita é retirada e colocada de forma lenta em cima de um substrato de óxido de silício, esse processo pode ser observado através de um microscópio. Este é um dos métodos mais simples e barato para obter o grafeno (NOVOSELOV, 2004). A segunda técnica é o crescimento epitaxial, consiste no crescimento epitaxial, dentre as várias formas existente tem uma que se destaca, e é muito mais utilizado, a que o grafeno pode ser obtido epitaxialmente a partir do substrato de carbeto de silício (HASS, 2008). A terceira técnica é a deposição química de fase a vapor, esta forma surgiu no ano de 2009 com o uso de um níquel catalisador, na superfície do níquel o hidrocarboneto é colocado, como o elemento se encontra em altas temperaturas o carbono é ingerido para dentro do metal, após isto ocorre o processo de resfriamento, onde o carbono é emergido para fora do elemento químico, produzindo multicamadas de grafeno.

O grafeno, é formado por átomos de carbono é o material bem resistente, não absorve água, é transparente, flexível e um ótimo condutor de eletricidade, possui uma estrutura hexagonal, por apresentar excelentes propriedades este material permite inúmeras aplicações em diversas áreas, é apresentado na forma bidimensional com hibridização sp^2 . A estrutura eletrônica do grafeno faz com que suas propriedades resultem em uma estrutura mecânica muito mais resistente do que a do aço, a condutividade térmica é superior a do cobre, e a leveza deste material é impressionante (SEGUNDO,VILAR, 2016).

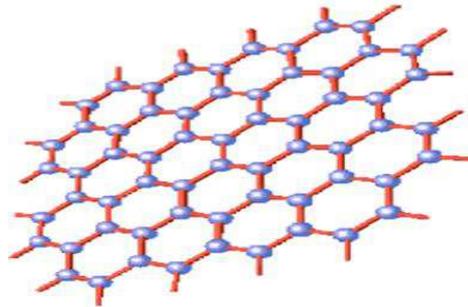
As propriedades mecânicas do grafeno são impressionantes, ele capaz de suportar altas pressões, a resistência mecânica é proveniente das fortes ligações químicas existentes entre os átomos de carbono. Outro fator importante que este material apresenta é o módulo de

Young, faz com que ele além de ser resistente apresente uma excelente elasticidade, o que faz com que, ele sempre retorne a sua forma original com grande facilidade.

Propriedades elétricas do grafeno, os elétrons conseguem espalhar-se de forma muito mais livre, quase não sofre colisões ou desvios, quando em temperatura ambiente o grafeno, apresenta uma baixa resistência elétrica, cerca de $10^{-9}\Omega \cdot m$.

Este importante alótropo pode ser classificado da seguinte forma: grafeno de camadas simples. A descoberta deste material possibilitará grandes avanços na ciência, principalmente na área da nanotecnologia, diversos dispositivos eletrônicos serão construídos a partir do grafeno. A Figura 13 mostra a estrutura do grafeno.

Figura 13: Estrutura hexagonal do grafeno



Fonte: http://e-fisica.fc.up.pt/fisica_na_up/conteudos/grafeno

No ano de 2010 os pesquisadores que sintetizaram o grafeno foram contemplados com o prêmio Nobel de Física (O PRÊMIO NOBEL DE FÍSICA, 2010). Atualmente muito se comenta sobre este alótropo, o que se sabe é que o grafeno proporcionará grandes avanços na ciência principalmente nas aplicações na nanotecnologia.

2.4.4 Nanotubos de carbono

O nanotubo de carbono – NC, é uma folha de grafite lâmina de átomos de carbono com arranjos hexagonais, ou grafeno, é uma folha dobrada sobre si mesmo, são as camadas de grafeno que quando enroladas dão origem aos nanotubos de carbono. O NC foi descoberto em 1991 por S.Lijima, são apresentados na forma de um cilindro com o diâmetro de $1nm$ e comprimento da forma de micrômetro.

Os nanotubos de carbono apresentam algumas propriedades que são importantíssimas, são elas: mecânicas, elétricas e térmicas.

PROPRIEDADES MECÂNICAS

Eles apresentam uma excelente resistividade, sendo muito mais resistente que o aço, e podendo ser utilizado em diversos setores, tanto na área da construção civil como no processo de fabricação de aviões, foguetes e carros, entre outros, outra importante aplicação é quando os nanotubos de carbono são adicionados a tecidos, eles podem se tornar indestrutíveis.

PROPRIEDADES ELÉTRICAS

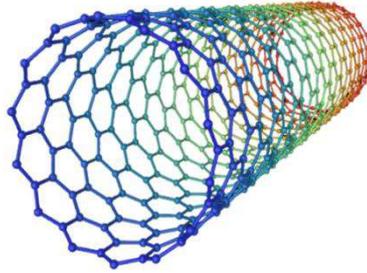
Essa propriedade do nanotubo de carbono está ligado a quiralidade deste alótropo, tudo depende de como a folha de grafeno é enrolada, existe três possíveis tipos de nanotubos de carbono, armchair, zigzag ou quiral. O modo armchair ele é somente metálico, enquanto o zigzag e o quiral tanto podem ser metálicos como semicondutores. Essa propriedade dos nanotubos de carbono acontece graças ao confinamento dos elétrons que estão distribuídos ao longo do tubo. São essas potencialidades encontradas neste alótropo que faz com que ele se torne um material de grandes aplicações no meio eletrônico.

PROPRIEDADES TÉRMICAS

A condutividade térmica dos nanotubos de carbono pode ser considerada como uma das mais elevadas, em comparação com a de outros materiais.

Em termos estruturais existem dois tipos de NC, que produzem grandes resultados com muita perfeição, são eles: os nanotubos de carbono de paredes simples (NCPS), ou em inglês CNTS que é formado de uma única folha de grafite, e os nanotubos de carbono de paredes múltiplas (NCPM), em inglês CNTM são construídos por duas ou mais camadas de grafite. A (Figura 14) mostra os nanotubos de carbono de paredes simples.

Figura 14: Nanotubos de carbono de parede simples.



Fonte: <https://dooko.es/nanotubos-de-carbono-dooko>

Os NCPS são construídos a partir do elemento químico carbono, e podem ser obtidos de diversas formas, como por exemplo, através do grafite.

2.4.5 Técnicas de produção de nanotubos de carbono

Vamos citar dois métodos usados para produção dos NCPS e NCPM, descarga por arco elétrico e ablação por laser, ambos geralmente numa atmosfera de hélio a baixa pressão, a ablação por laser não é capaz de produzir uma elevada quantidade de NC, já a descarga por arco elétrico produz NC em grande escala. Essas duas técnicas servem tanto para obter os NCPS quanto os NCPM (FERNANDES,2008).

Descarga por arco

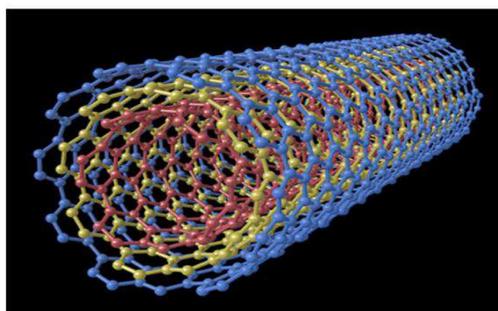
No primeiro método o funcionamento é realizado a partir de uma descarga elétrica, que é causada entre dois eletrodos de grafite, porém, um deles (ânodo) está preenchido com partículas de metal catalisadoras de alguns metais de transição, tais como: Ferro, Níquel e Cobalto e suas combinações. Devido ao aumento de temperatura entre os eletrodos, ocorre a sublimação do carbono formando-se os NCPS. Os primeiros nanotubos de carbono construídos foram através do método de descarga por arco elétrico.

Ablação por laser

No segundo método ablação por laser, o carbono é sublimado a partir da elevação de um disco de grafite que é unido com metais de transição, utilizando um laser anelado e focalizado, o alvo de grafite é inserido no meio de um tubo mantido numa temperatura sobre controle cerca de $1200^{\circ}C$. Os NCPS formados são movidos mediante um fluxo de hélio e depois são compactados numa superfície coletora em refrigeração de cobre (FERNANDES,2008).

Os nanotubos de Carbono de paredes múltiplas – NCPM, são constituídos de duplas folhas ou mais de camadas de grafite, camadas simples, de cilindro coaxiais que são obtidas através de folhas de grafite enroladas, e dão origem aos *NCPM*, como é possível ver na (Figura 15) a separação entre as camadas é dada por uma distância de $0,34nm$ maior que o espaço entre as camadas do grafite que é aproximadamente $0,339nm$.

Figura 15: Representação de um nanotubo de carbono de parede múltipla – NCPM.



Fonte: <https://brasilecola.uol.com.br/quimica/nanotubos-carbono.htm>

Podemos ver na (Figura 15) a representação dos *NCPM*, que é formado por vários cilindros que são enrolados de maneira concêntrica, ou seja, sempre voltando para um ponto no centro.

2.4.6 Fulereño

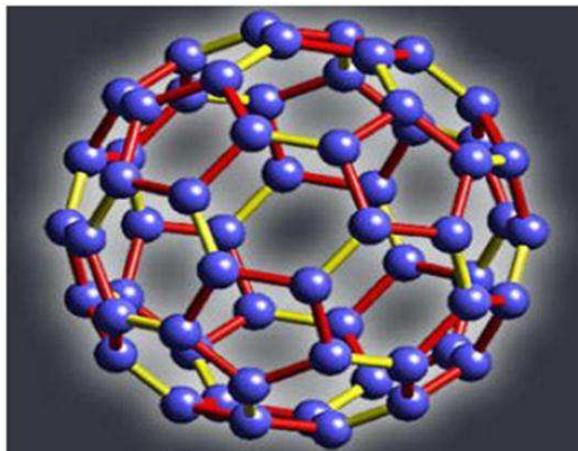
O fulereno, é outro importante alótropo do carbono, o terceiro mais estável, perdendo apenas para os alótropos naturais do carbono, o grafite e diamante. O fulereno foi descoberto no ano de 1985, pelos seguintes pesquisadores: O inglês Harold W. Kroto (Universidade de Sussex, em Brighton, Inglaterra) e os americanos Robert F. Curl e Richard E. Smalley (Universidade Rice, em Houston, Texas) nos EUA (FILHO, 1996). Essa descoberta rendeu aos pesquisadores o prêmio Nobel de Química de 1996.

O fulereno, é o conjunto de nanopartículas estáveis de carbono, são pequenas bolinhas originadas com átomos de carbono, o C_{60} é o mais popular, mas existem outras moléculas tais como: C_{20} e C_{70} . Os fulerenos descobertos em 1985, quando vários cientistas buscavam descobrir as variadas macromoléculas de carbono que poderiam se compor em nebulosas no espaço, estudos comprovam que existem linhas de fulerenos em fuligens e em

alguns minerais, as aplicações ainda não estão tão avançadas na área comercial, porém já existem muitas aplicações potenciais.

São muitos os tipos de fulerenos que podem ser gerados de acordo com o radical presente na sua superfície, o seu processo de síntese e o número de átomos de carbono utilizados, a quantidade de átomos que é formado cada estrutura é o que diferencia cada um, tendo por exemplos o C_{60} e o C_{80} . O C_{60} foi o primeiro fulereno sintetizado, o C_{60} é denominado buckminsterfullerene o nome veio em homenagem ao arquiteto R. Buckminster Fuller. C_{60} apresenta uma composição oca, com 60 átomos de carbono, possui 20 hexágonos e 12 pentágonos, é um icosaedro truncado tem um formato parecido com uma bola de futebol (DUTRA, 2010) como mostra a (Figura 16).

Figura 16: Estrutura do fulereno



Fonte: <https://www.mundovestibular.com.br/articles/9142/1/Fulerenos/Paacutegina1.html>

O fulereno, é um sólido de cor preta, quando são diluídos em algum solvente formam soluções coloridas. O C_{60} , por exemplo, forma uma solução vermelho-rósea, o C_{70} , uma solução vinho e o C_{76} uma solução amarelo-esverdeada. O fulereno apresenta uma vasta gama de aplicações, as propriedades químicas e estruturais dos fulerenos na forma de nanotubos, prometem uso futuro no campo da nanotecnologia. No Capítulo 2 vamos destacar algumas das suas principais aplicações.

Portanto, a nanociência como uma ciência que estuda o ramo do conhecimento, é responsável pelo estudo das nanoestruturas, que visa o desenvolvimento de métodos de síntese de funcionalização das nanoestruturas, está sempre em busca de desenvolver novos dispositivos eletrônicos, desta forma ela trabalha com a exploração dos nanomateriais, como

por exemplo; os alótropos do carbono, (grafeno, nanotubos de carbono e fulereno) que estão sendo discutido aqui no nosso trabalho.

No próximo capítulo vamos falar sobre a nanotecnologia, quais as aplicações dos alótropos do carbono nesta área, e o que ela representa na sociedade moderna hoje, e algumas de suas aplicações no mundo.

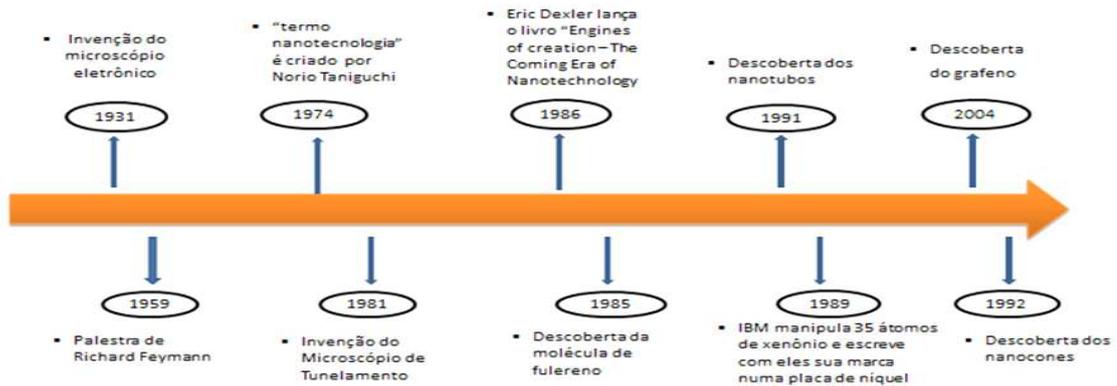
CAPÍTULO 2

3. NANOTECNOLOGIA

O termo “nanotecnologia” surgiu em 1974 por um pesquisador da universidade de Tóquio o Sr: Norio Taniguchi. Mas só se tornou conhecido mesmo em 1986, pelo engenheiro norte americano Eric Drexler. A nanotecnologia é usada para construir materiais na escala nanométrica, os primeiros conceitos sobre ela só foram visto em 1959 pelo físico Richard Feynman. Apesar de pensarmos que a nanotecnologia é algo novo, mas não é, é uma ciência bastante antiga, podemos dizer que a nanotecnologia existe desde quando os átomos e moléculas começaram a se organizar para dar origem a vida. O homem utiliza-se da nanotecnologia há milênios, mas só mesmo a partir do século XXI essa ciência passou a ser utilizada com maior intensidade e tornou-se mais conhecida pela sociedade, ela pode ser entendida como um conjunto de técnicas que são usadas para enxergar e manipular os átomos na escala nanométrica, para que novos materiais possam ser obtidos com propriedades surpreendentes, com o passar dos anos a nanotecnologia teve uma grande “explosão” e deixou de ser algo apenas imaginário, o que por muito tempo parecia muito distante da realidade vivida por nós, se aproximou da sociedade e passou a fazer parte do dia-a-dia das pessoas de forma predominante. Era apenas a concretização das ideias de Feynman.

Quando Feynman ministrou sua palestra em 1959, discorreu que a principal dificuldade para trabalhar com a nanotecnologia era a parte da visualização dos átomos, e a manipulação na escala nanométrica, após esta palestra, mais de vinte anos depois, esse problema foi resolvido, pois foi obtido a patente do microscópio de tunelamento, através da (International Business Machines - IBM), com o surgimento de alguns aparelhos, como este citado anteriormente a nanociência teve um importante avanço, foi onde começou sem dúvida o mundo da nanotecnologia (CENTER, 2005).

A Figura 17 apresenta o processo de evolução da nanotecnologia, mostra o início e algumas descobertas que foram feitas durante o passar dos anos.

Figura 17 : Trajetória histórica da nanotecnologia

Fonte: Autoria própria

Desde a criação dos microscópios, a nanotecnologia vem tendo uma grande evolução, descobertas importantes foram feitas, tais como: nanotubos de carbono, fulereno e grafeno, como mostra a Figura 17.

A nanotecnologia utiliza-se de uma escala que tem dimensão muito pequena, às vezes não percebemos a importância que ela apresenta na construção de diversos produtos tecnológicos. Quando os átomos e moléculas, são manipulados podem aproxima-se do intervalo de 0,1 à 100 *nm*, é nesse momento que algumas das leis da Física clássica estudadas por nós, deixam de ter sentido, neste novo campo de estudos que estamos iniciando, as propriedades óptica, mecânica e magnética nessa nova escala apresentam outros resultados, é o "mundo" da mecânica quântica, os átomos e moléculas se encontram numa região particular, pois estes estão em uma nova dimensão, então novos tipos de produtos tecnológicos podem ser produzidos (SILVA, 2008).

Para Disner, Cestari, (2016, P.3):

A nanotecnologia é a tecnologia à escala molecular. Pode-se questionar se essa disciplina não existe já com o nome bem antigo, de química. Porém, a nanotecnologia, em contraste com a química, procura construir novas moléculas e novos materiais juntando os seus constituintes, átomo a átomo, com uma individualidade e uma precisão que não se consegue quando se trabalha com uma multidão de moléculas. (P.3).

A nanotecnologia tem como base para seu desenvolvimento a Química, mas especificamente a química orgânica, mas ela é também interdisciplinar e envolve outras áreas,

tais como: Biologia, Física, Biomedicina, Engenharia Eletrotécnica. É a ciência do mundo moderno, isto é bastante visível nos dias atuais. Quando falamos em armazenamento de informações a nanotecnologia pode encolher a níveis absurdos o tamanho do suporte para gravar, logo esta ciência obteve um enorme destaque, utilizando-se da nanociência para construção de dispositivos na escala nanométrica.

A nanociência e a nanotecnologia refere-se ao estudo de estruturas que apresentam um tamanho reduzido, a escala nanométrica o “mundo” do muito pequeno, e suas aplicações na tecnologia para construção de novos materiais, essas estruturas de tamanho miniaturizado são chamados nanopartículas. O nanômetro (*nm*) na escala de medida representa os menores dispositivos construídos pelo homem, na escala que eles se encontram é impossível de enxergar a olho nu, é onde existe o encontro dos átomos e moléculas, formando a escala nanométrica (SILVA, 2008).

Para Leonel (2010, P.59):

A Nanotecnologia engloba todo tipo de desenvolvimento tecnológico dentro da escala nanométrica, geralmente entre 0,1 e 100 nanômetros. Assim, podemos dizer que a Nanotecnologia é a tecnologia feita nessa escala de comprimento, mas de maneira controlável e reprodutível, envolvendo fenômenos que muitas vezes não ocorrem em outras escalas de tamanho. Em outras palavras, não estamos falando simplesmente de miniaturização de algo grande para algo muito pequeno. (P.59).

Ela vai estar presente na base de todo o processo evolutivo, é uma área que está crescendo aos poucos, mas que promete uma grande revolução tecnológica invisível, milhões de cidadãos já estão e estarão trabalhando futuramente nesse ramo, direta ou indiretamente, e obtendo grandes faturamentos, com isso as ideias do físico norte-americano Richard Feynman tornou-se realidade, como ele já previa em 1959 que seria possível manipular diretamente os átomos e a partir deles construir novos materiais que não existem naturalmente.

A nanotecnologia trouxe novos rumos para a pesquisa em ciências, muitas aplicações novas e diferentes, são inovações tecnológicas que prometem melhorar a qualidade de vida das pessoas, facilitando a forma de viver do ser humano no século XXI, proporcionar conforto e praticidade nas atividades diária, produzir produtos e processos mais eficientes e econômicos.

As aplicações são em diversas áreas do conhecimento como mostra a Figura 18.

Figura 18: Áreas de aplicações relacionadas com a Nanotecnologia



Fonte: nanotecnologiananotecnologia.blogspot.com

São muitos os produtos que já foram desenvolvidos através da nanotecnologia, construídos a partir das nanopartículas. Uma escala reduzida, mas que oferece grandes vantagens, e resultados impressionantes, o rearranjo dos átomos permite que novos materiais sejam construídos, e com diferentes funções, são objetos mais leves, resistentes e seguros, aparelhos que possuem uma memória extremamente grande.

Produtos que são construídos através da nanotecnologia já é uma realidade mundial, quase todos os setores produtivos utiliza-se algum tipo de nanomaterial, por mais que ainda seja um uso desconhecido. Uma das áreas que apresenta maior destaque é no meio eletrônico, a nova tecnologia vem crescendo e desenvolvendo produtos de excelente qualidade neste campo, celulares de alto desempenho e de tamanho cada vez menor, e computadores superpotentes estão em alta. Já existem muitos outros no mercado que tem como base para sua construção a nanotecnologia, como por exemplo, na engenharia, na indústria têxtil, cosméticos, automobilístico, nos esportes e na medicina, essas são as áreas que mais se desenvolveram, mas existem muitas outras.

E um dos elementos químicos que permite muitas aplicações no campo da nanotecnologia é o carbono, seus alótropos são indispensáveis no processo evolutivo dessa

ciência, na próxima seção vamos definir o termo alótropo, e mostrar algumas das aplicações dos alótropos do carbono na nanotecnologia.

3.1 Aplicações dos alótropos do carbono na nanotecnologia

Os alótropos do carbono correspondem a um dos nanomateriais mais pesquisado na comunidade científica nos dias atuais, por apresentar importantes aplicações, em várias áreas tanto na área médica como na tecnológica. O termo alótropo refere-se à formação de várias substâncias a partir de um único elemento químico, como por exemplo o carbono, ele permite a formação de outros materiais. As estruturas compostas por este elemento, que difere apenas quanto à configuração espacial a hibridização específica do carbono e as ligações estabelecidas com os átomos ao seu redor irão determinar a natureza do alótropo, podendo este ser, um nanotubo de carbono, fulereno, grafeno, grafite ou diamante (FERNANDES, 2012).

A seguir mostraremos aplicações dos alótropos do carbono (grafeno, nanotubos de carbono e fulereno) que trás diversas aplicações na nanotecnologia.

3.1.1 Grafeno

O grafeno, por ser um ótimo condutor elétrico, um material que apresenta uma excelente resistência, muito flexível e transparente, faz com que ele torne-se um material ideal para diversas aplicações principalmente em dispositivos eletrônicos flexíveis, estudos mostram a construção de aparelhos com telas sensíveis, isso é possível graças ao movimento livre que os elétrons apresentam. Vamos mostrar algumas das áreas que se utiliza das aplicações do grafeno.

TELECOMUNICAÇÕES

Com o uso do grafeno as conexões podem se tornar 100 vezes mais rápida, muito diferente da que conhecemos atualmente, segundo pesquisas realizadas por cientistas do Departamento de Física da Universidade de Bath, na Inglaterra (YUNG, 2013). Os cientistas utilizaram taxas para respostas usando o grafeno, e com isso puderam perceber que o processamento é muito mais rápido e eficiente, diferenciando das formas que já são utilizadas, como o laser e a fibra óptica, uma verdadeira revolução no campo das telecomunicações.

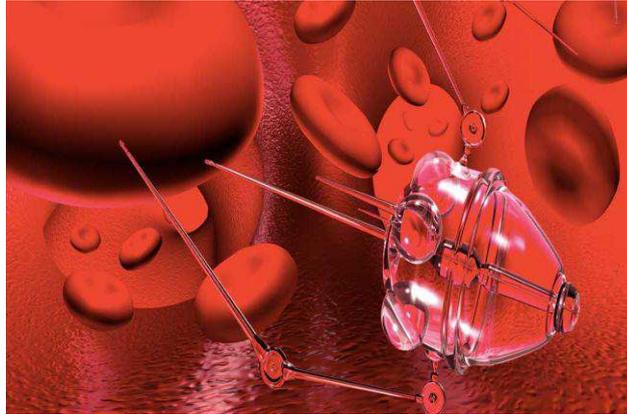
ELETRÔNICA

Outra aplicação importante é na eletrônica, chips que são produzidos a base de silício e possui um limite de operação de 5 GHz , desenvolvendo este mesmo produto a partir do grafeno, o limite de operação pode aumentar em até 1000 vezes, em relação ao silício, mostrando a potencialidade deste alótropo. As propriedades deste material também estão sendo utilizadas para produzir baterias, um estudante da universidade da Califórnia conseguiu descobrir uma bateria, usando uma camada de grafite. Outra aplicação importante que está em fase de desenvolvimento é um cabo de transmissão, que irá proporcionar uma internet muito mais rápida e diferenciando da que conhecemos atualmente (COSTA, 2013).

MEDICINA

Na medicina o grafeno promete as maiores mudanças, uso em vários tipos de dispositivos biomédicos, muito dos quais são relevantes para as condições de tratamentos realizados por neurocirurgias, nanopartículas de grafeno podem exercer um papel importante na produção de imagens de um tumor. Na neuroregeneração produtos construídos a base de grafeno podem ser utilizados como novas estratégias para regeneração de tecidos do sistema nervoso para instigar o crescimento de nervos periféricos lesionados (HEALTH, 2014). Cientistas já planejam a construção de “Nano robôs” esses minúsculos dispositivos serão injetados na corrente sanguínea, e poderão realizar várias ações, tais como: combater infecções, destruir vírus e bactérias, células cancerígenas e desobstruir artérias. O tratamento usado atualmente em pacientes que apresentam algum tipo de câncer é bastante agressivo, pois estes métodos utilizados não destroem apenas as células doentes, mas sim todas as outras, fazendo com que essa pessoa tenha um tratamento muito mais difícil (BASTOS, 2006). O objetivo dos “nano robôs” é a defesa do corpo humano, em no máximo 15 anos, isso será uma realidade, eles poderão funcionar como um sistema imunológico, e serão capazes de combater doenças. A Figura 19 mostra o nano-robô atuando em uma célula.

Figura 19: projeto futurístico de um “nano-robô” perfurando uma célula



Fonte: <https://saudebusiness.com/noticias/quais-os-beneficios-e-riscos-da-nanotecnologia-na>

A nanotecnologia na medicina é sem dúvida um dos maiores progressos, a possibilidade de criar dispositivos minúsculos, em proporções moleculares, é impactante na sociedade, tanto para diagnosticar como para tratar doenças, esta área está tendo grandes avanços.

MEIO AMBIENTE

No meio ambiente o grafeno tem importantes contribuições a oferecer, nos processos de purificação e descontaminação de águas (filtros e membranas) ou como foto e eletro catalisador para oxidação de contaminantes (GUPTA, et al., 2013).

Fabricação de nanosensores e nanocatalizadores em tamanhos cada vez menores para verificar doenças em animais e plantas, contra possíveis pragas, proporcionando uma eficiência melhor na aplicação dos pesticidas e fertilizantes com essa proteção é possível também que os vegetais absorvam melhor os nutrientes já que estão livres dos insetos, e com isso são obtidos excelentes resultados, tanto nas plantações, como no setor animal.

3.1.2 Nanotubos de carbono

Os nanotubos de carbono apresentam diversas aplicações, por exibir propriedades surpreendentes, mostra uma elevada resistência, sua estrutura é única. Isso faz com que ele se torne um alótropo de grande importância para a nanotecnologia, aplicações potenciais para os NC foram propostas, como a obtenção de compósitos armazenamento de informações, e conversão de energia, sensores, dispositivos semicondutores em escala nanométrica, entre outras (HERBST et al., 2004).

MEDICINA VETERINÁRIA

Na medicina veterinária os nanotubos de carbono tem tido uma alta aplicabilidade, na proteção de alimentos, na defesa de ambientes contra possíveis pragas, diagnosticar e tratar doenças. A salmonela é uma bactéria encontrada em muitos alimentos, e tem sido nos EUA a causa de muitas doenças. Sensores de nanotubos de Carbono começaram a ser pesquisado, para identificar bactérias como a salmonela (LERNER et al., 2011), a identificação dos patógenos acontece através do uso de anticorpos que são colocados nas paredes laterais dos nanotubos de carbono, este método é muito mais eficaz do que os já conhecidos, pois ele reconhece a bactéria muito mais rápido (LERNER et al., 2011).

INDÚSTRIA FARMACÊUTICA

Outro campo de aplicação dos nanotubos de carbono é na indústria farmacêutica, nanomateriais são utilizados para o desenvolvimento dos fármacos, eles oferecem muitas vantagens em comparação com outros métodos convencionais, podemos destacar a importância dos fármacos no sistema terapêutico impedindo de possíveis instabilidades no organismo (FAHNING et al., 2011). A nanotecnologia tem tido grandes avanços na área farmacêutica, em relação a tratamentos de doenças ela tem sido muito eficiente, por não apresentar muitos efeitos colaterais, não agride o paciente, e ainda possibilita a cura de uma determinada doença em um período muito mais curto.

3.1.3 Fulereo

ELETRÔNICA

O fulereo é formado por nano moléculas de carbono, e forma ligações hexagonal, apresenta uma vasta gama de aplicações, vamos destacar algumas das suas principais aplicações: Construção de chaves para memória de computador, é um exemplo de aplicação dos metafulerenos, onde se encontra dentro das moléculas de fulereo íons metálicos, tais como o lítio e ferro, entre outros, alterando o comportamento elétrico e magnético.

MEDICINA

Aplicação de quimioterápicos que seriam liberados apenas quando em contato com células portadoras do câncer, com a minimização dos efeitos colaterais destes medicamentos sobre células saudáveis, sendo um grande avanço no campo da medicina. Como também o transporte de agentes antioxidantes em cosméticos, que seriam soltos apenas quando em contato com os radicais livres (NIMIBOFA et al., 2018).

NA INDÚSTRIA TÊXTIL

Outra aplicação é na indústria têxtil, incorporar a nanotecnologia para melhorar as propriedades dos tecidos, como melhor resistência ao vento, à água, tecidos que não mancham, é obtido graças ao uso de nanofibras. A nanotecnologia permite que esses componentes sejam produzidos com proteção especial, com propriedades antibacterianas, tecidos antialérgicos, anti-o-dor, todos são construídos a base de nanopartículas. Os países desenvolvidos se encontram no topo dessa revolução tecnologia e devem ser os maiores investidores da indústria têxtil, a partir da nanotecnologia.

São muitas as aplicações dos alótropos do carbono nas diversas áreas. Podemos classificar o carbono como um dos elementos químicos mais importantes, e suas propriedades chamam a atenção para serem estudadas por físicos e químicos. A nanotecnologia tem desenvolvido muitos produtos com prosperidade econômica, oportunidade de novos empregos e com certeza tem proporcionado uma melhor qualidade de vida para os consumidores.

Diante dessas aplicações mostradas aqui, e de tantas outras que não foram mencionadas, surge uma curiosidade em relação aos investimentos em nanotecnologia, como que os países estão trabalhando nessa revolução tecnológica? Na próxima seção vamos mostrar alguns dos países que mais investiram em nanotecnologia.

3.2 Investimentos internacionais em nanotecnologia

A china tem investido pesadamente em nanotecnologia, tem se tornado uma das áreas de maior destaque naquele país. No ano de 2012 o país lançou um programa de grande importe em nanotecnologia, que tem um investimento de U\$ 152 milhões, há cinco anos é liderado pela Academia Chinesa de Ciências – CAS, devido a esses grandes investimentos, a China tornou-se hoje uma grande divulgadora em nanotecnologia (QIU,2016). Antes do ano

2000 a China não tinha feito ainda grandes investimentos em nanotecnologia, a partir do momento que o Estados Unidos começou a investir em programas nacionais envolvendo a nanotecnologia, isso motivou outros países a atuar também neste campo. Até o ano de 2015 a China investiu mais de 1 Bilhão em nanotecnologia (QIU,2016). É um dos países que mais se desenvolveu na área da pesquisa, está ocupando o primeiro lugar em números de artigos, com citações e patentes. Até o ano de 2010 teve um valor de produção estimado em cerca de 132 bilhões, e estima-se que para o ano de 2050 esse valor se eleve para 145 bilhões (BHATTCHARYA, BHATI, 2011).

Os Estados Unidos da América - (EUA) é outro país que está investindo fortemente em nanotecnologia, visando novas tecnologias que venham a influenciar positivamente na economia deste país. No ano de 2000 os EUA desenvolveu o National Nanotechnology initiative – (NNI), um programa que tinha quatro metas a serem desenvolvidas, que são elas: avançar em um programa de pesquisa e desenvolvimento da nanotecnologia; promover a transferência de novas tecnologias em produtos para benefício comercial e público; desenvolver e sustentar recursos educacionais, uma força de trabalho qualificada e apoiar infraestrutura e ferramentas para o avanço da nanotecnologia. Esse programa é voltado exclusivamente para a pesquisa em nanotecnologia.

O sistema comercial nos EUA teve uma grande explosão de produtos construídos à base de nanotecnologia, estima-se que foi investido, U\$ 170 bilhões nesse setor. O meio privado nos Estados Unidos tem sido um dos grandes responsáveis nesse campo, grandes investimentos têm sido feito.

Não só apenas Estados Unidos e China estão crescendo no âmbito da nanotecnologia, outros países como Japão, Alemanha, Índia, França e Reino unido entre outros, estão tendo um grande desenvolvimento, a preocupação em investir em nanotecnologia é bastante visível entre os países desenvolvidos, ela é a promessa de melhorias futura, com isso todos os países tentam ter os melhores investimentos e com certeza obter resultados positivos.

A nanotecnologia é sem dúvida uma das maiores promessas para mudar o sistema econômico de países que estão apostando fortemente neste campo, e para outros também que ainda não se veem motivados para investir nesse meio, existe toda uma expectativa para que a nanotecnologia possa construir produtos mais eficientes e econômicos. Com certeza ela ainda precisa ter grandes avanços, mas um grande legado já foi obtido durante todo este caminho percorrido, desde quando tudo começou em 1959, com a palestra de Feynman, muitas coisas já foram alcançadas e o futuro ainda promete grandes descobertas.

3.2.1 Investimentos em nanotecnologia no Brasil

A primeira vez que o Brasil mostrou-se interessado no campo de estudo da nanociência e nanotecnologia foi no ano de 1987 através do Conselho Nacional de desenvolvimento científico e tecnológico – (CNPQ), investindo em equipamentos para semicondutores, nesta época o termo nanotecnologia era pouco conhecido, e praticamente não tinha sido utilizado pelo governo e na indústria. Foram os EUA que contribuiu para o interesse do Brasil por nanociência e nanotecnologia, pois a partir da criação da NNI no país americano, o Brasil sentiu-se motivado para começar a trabalhar com a N&N, tendo em vista que investimentos nessa área poderiam trazer melhorias para a população á médio e longo prazo.

A pesar do Brasil saber da importância dessa área no crescimento econômico do país, os investimentos em ciência e tecnologias está diminuindo a cada ano que passa, em 2010 foram investidos 10 bilhões, em 2017 este valor passou para 4,8 bilhões, cortes foram realizados pelo ministério da fazenda, em 2018 foi reduzido muito mais, sendo cotado em 1,4 bilhões, e com isso o Brasil torna-se cada vez mais dependente dos outros países em relação a nanotecnologia (OLIVEIRA,2018). Esses cortes em investimentos na ciência só vai atrasar a economia do país, pois afeta todo o cenário da pesquisa, sabemos que pesquisas feitas nas universidades são bases para o desenvolvimento de novos produtos tecnológicos, sem recursos para aplicar nesta área a pesquisa fica parada, e sem incentivo para a criação de novos materiais.

Infelizmente o governo não consegue enxergar que a nanotecnologia é uma área que pode transformar a economia deste país, como já está acontecendo nos Estados Unidos, Japão e China.

Muitos produtos já foram produzidos no Brasil, a partir da nanotecnologia, como por exemplo: cosméticos, tecidos e aparelhos eletrônicos, mas o País ainda se encontra distante dos países internacionais em termos de investimentos em nanotecnologia.

CAPÍTULO 3

4. O ENSINO DE NANOCIÊNCIA E NANOTECNOLOGIA NAS ESCOLAS BRASILEIRAS E NO EXTERIOR

BRASIL

O ensino de nanociência no Brasil ainda é algo bastante restrito. As poucas aplicações que se encontram atualmente são a partir de intervenções ocorridas em sala de aula, ou programas educacionais que visam o ensino de ciências. Essas operações são realizadas através da participação de estudantes de graduação ou pós-graduação que desenvolvem pesquisas em determinadas escolas, geralmente dos cursos de Física, Química e Biologia que trabalham com projetos relacionados ao ensino de nanociência e nanotecnologia na educação básica, ou através de projetos construídos por professores, que buscam levar para os estudantes a ciência que está mudando a forma de viver no século XXI.

Já existem movimentos de pesquisa no país que buscam investigar a possibilidade de introduzir os tópicos de N&N na educação básica, especificamente no ensino médio. Isso mostra que já há de fato um interesse de mudança no ensino de ciências no Brasil, especialmente com relação a nanociência e nanotecnologia. Uma vez que for inserido no currículo escolar, o entendimento da inserção de tópicos de N&N no nível médio, serão considerados as possibilidades e desafios advindos da introdução deste tema (TOMKELSKI, 2017). As dificuldades encontradas com certeza serão muitas, pois será o início de um trabalho novo, tanto para os estudantes como para os professores.

No Brasil, a área de pesquisa em nanotecnologia está em grande desenvolvimento, só que a inserção dessa temática na área da educação ainda está muito incipiente, a nanociência e a nanotecnologia têm que estar inserida no ensino de ciências. E assim contribuir para o desenvolvimento do conhecimento científico do aluno, despertando o interesse do mesmo pela pesquisa (SANTOS, NIHEI, 2013).

De acordo com Perreira (2010):

Dentro desse contexto, a educação abordando o tema nanociência e nanotecnologia pode contribuir para a difusão do conhecimento científico, bem como despertar o interesse deles na área da ciência e tecnologia. É importante o desenvolvimento de novos programas ou métodos em “nanoeducação”, na tentativa de descrever ou incluir as crianças no “nanomundo” de forma a despertar o interesse por temas

científicos relacionados a diversos fenômenos do cotidiano educação/alfabetização científica (PERREIRA, 2010, p.74).

No Brasil já há alguns programas que buscam levar o ensino de nanociência a jovens estudantes, como por exemplo, o programa “Educação em nanociência e nanotecnologia”, que é desenvolvido pelo Serviço Social da Indústria – SESI, e pelo Serviço Nacional de Aprendizagem Industrial – SENAI.

Graças a oportunidades oferecidas como essas para os jovens estudantes, é que, é possível eles comecem a entender alguns dos fenômenos que acontecem na natureza, como por exemplo: A facilidade que as lagartixas tem para subir em paredes e andar no teto, na estrutura das suas patas existem pêlos bem finos, que possuem uma aderência fácil, e podem aproximar-se a poucos nanômetros de uma base de apoio, a aproximação existente entre a superfície de contato e os pêlos da lagartixa é formado por ligações de “Van-der- Waals” bem fracas. As borboletas dão um verdadeiro show de cores, o aspecto de coloração que é apresentado nas asas das borboletas, é devido à interferência da luz, numa escala micro e nanométrica. A capacidade da flor de lótus de não submergir líquidos, as folhas repelem as gotículas de água que caem sobre si, graças a uma composição peculiar, um aglomerado de pelos nanométricos, e a rugosidade que compõe a superfície da planta, este fenômeno tem servido de inspiração para produção de alguns produtos, a partir da nanotecnologia como, por exemplo: O tênis que não adere à sujeira. Todos eles passam despercebidos aos nossos olhos, esses e muitos outros fenômenos podem ser explicados através da nanociência e nanotecnologia. Pensando neste horizonte de possibilidades, o “Serviço social da indústria” (SESI) e o “serviço Nacional de Aprendizagem Industrial” (SENAI) do estado de São Paulo, criou o programa de educação em nanociência, onde o público alvo são alunos do ensino fundamental e médio, do SESI, dos cursos técnicos e tecnológicos do SENAI (LINHA DIRETA, 2013).

Mostrar aos alunos que eles podem trabalhar em outra dimensão é o objetivo principal do programa. O início das atividades do SESI foi no ano de 2013, o projeto funciona em um ônibus que contém salas de aula móvel. Com planos para o futuro de construir novos espaços, todos bem estruturados e com excelentes equipamentos, microscópios eletrônicos e aparelhos tecnológico super modernos. Este ônibus tem como meta percorrer o estado de São Paulo, levando até os alunos conhecimentos necessários para que eles possam entender essa revolução tecnológica que está acontecendo no mundo (LINHA DIRETA, 2013).

Para o desenvolvimento do projeto no ensino médio, foi escolhido o tema nanotecnologia, considerando que a compreensão da escala nanométrica é de grande utilidade para entender a nanotecnologia e a nanociência e suas aplicações são de fundamental importância no ambiente escolar.

A nano Aventura é outro programa que foi desenvolvido no Brasil, inspirado em outros países que já trabalham com o ensino de nanociência e nanotecnologia. A nano Aventura é um projeto que apresenta uma exposição interativa, tendo como público alvo os adolescentes, é desenvolvido pela Universidade Estadual de Campinas – UNICAMP, onde é conduzido por professores e pesquisadores desta referida instituição (PERREIRA, et al., 2010). A nano Aventura tem como meta ensinar de modo educativo e divertido a nanociência e suas diversas aplicações na nanotecnologia. O programa é formado de jogos virtuais que propõe aos participantes uma aproximação com equipamentos e práticas em laboratórios usando nanociência e nanotecnologia. Um dos jogos usado se refere a uma linha de montagem, na qual os integrantes simulam a construção de circuitos com nanocomponentes (PERREIRA, et al., 2010).

Talvez o ensino de N&N ainda esteja tão restrito pelo fato de não ter havido nenhuma mudança no currículo das escolas Brasileiras. Porém, a Lei de Diretrizes e Base da Educação Nacional - LDB, já apresenta argumentos suficientes para que o ensino das ciências como Física e Química seja ofertado com a inclusão da alfabetização científica, o conhecimento científico é de fundamental importância para o desenvolvimento pleno do aluno. Como a LDB está sempre passando por mudanças, a carga horária no ensino médio deve ser ampliada passando de 800H para 1400H (LEI DE DIRETRIZES E BASE DA EDUCAÇÃO NACIONAL,1996) isso pode favorecer a inserção dos tópicos de N&N, já que o principal empecilho para não implementação deste tema, é a falta de tempo no currículo das escolas de ensino médio.

Portanto, o futuro da nanociência na educação básica, é algo a se pensar urgentemente, pois o impacto acelerado da nanotecnologia na sociedade já é algo bastante visível, os cidadãos precisam ser capazes de tomar decisões democráticas sobre as novas tecnologias, a nanociência e a nanotecnologia é um importante pilar para a alfabetização científica. Apesar de nanociência ser um campo bastante abstrato, ela é de grande relevância para o desenvolvimento científico dos jovens estudantes.

4.1 O ENSINO DE NANOCIÊNCIA E NANOTECNOLOGIA NAS ESCOLAS DO EXTERIOR

ESTADOS UNIDOS

Assim como no Brasil, o ensino de nanociência e nanotecnologia nas escolas americanas ainda não teve grandes avanços. O EUA é um dos países que mais investe em nanotecnologia, por saber da importância que ela representa na economia deste país, diante de tantos fatos positivos relacionados à nanotecnologia no mundo. Os Americanos começaram a refletir sobre a implantação da nanociência nos currículos das escolas americanas, de nível médio, sabendo da necessidade de preparar desde cedo as crianças e adolescentes para atuar futuramente neste campo.

A introdução de nanociência no currículo das escolas é considerado uma implementação de grande relevância na sociedade americana, é a oportunidade de reformar profundamente os Estados Unidos, a ciência e a tecnologia (HINGANT, ALBE, 2010). O ensino de nanociência e nanotecnologia é um tema que está sendo discutido em todo o mundo, eles mostram-se muito mais preocupados porque já estão muito ativos neste campo, apresentam diariamente excelentes pesquisas em nanotecnologia.

Assim como no Brasil, sequências de ensino são elaboradas nos EUA, com o objetivo de levar N&N aos jovens estudantes. A Nanoscience e nanotecnologia – NST, é um exemplo, ela tem planejado uma sequência de métodos para aprendizagem dos alunos do ensino médio, é um curso que é desenvolvido em um período de sete dias, cada aula com duração de 90 min, o objetivo do projeto é o estudo da escala nanométrica, e as aplicações na nanotecnologia. Projetos de educação como este citado anteriormente, estão surgindo rapidamente, eles produzem novas práticas em educação científica. Iniciativas desta forma são vistas como algo bastante positivo para o ensino de ciências, de modo específico para o campo da N&N no país americano (STAVROU, et al., 2015).

Inserir nanociência no currículo das escolas americanas é considerado um grande desafio, pois nanociência é um tema difícil de compreender, os conteúdos são bastante complexos, os professores precisam passar por uma preparação antes de lecionar este tópico, pois muitos desses docentes nunca tiveram na sua formação nenhuma aproximação com esta temática, que é considerada tão relevante atualmente. Para muitos professores nos EUA,

nanociência deve ser vista como uma nova disciplina, que deve ser introduzida nos currículos das escolas americanas (GREEMBERG,2009).

AUSTRÁLIA

Na Austrália alguns projetos são desenvolvidos nas escolas australianas. Um exemplo é o programa, St. Helena Innovation Nanotechnology Education - SHINE, ele foi oficialmente lançado pelo ministério da educação em 18 de maio 2007, onde é incluído várias iniciativas, como o currículo em nanociência e nanotecnologia, laboratórios voltado para o ensino de ciências, o programa é desenvolvido em escolas do ensino médio, na Austrália (ALFORD, et al., 2009).

São muitos os conteúdos que são disponibilizados no SHINE, para os professores trabalharem na sala de aula, os docentes são livres para escolher os assuntos que melhor atende ao perfil de seus alunos, os tópicos abordados tratam da importância de estudar a escala nano, e as aplicações existentes na nanotecnologia, e as futuras. O objetivo do SHINE é ensinar aos alunos nanociência e nanotecnologia, oferecendo várias opções de módulos de estudo existentes.

Portanto, o programa SHINE tem sido bastante inovador, tem proporcionado oportunidades para a comunidade escolar, e atraído os olhares de muitos estudantes para o ensino de ciências na Austrália, principalmente para a nanociência e nanotecnologia. Programas como esses desenvolvidos nos EUA e na Austrália são apresentados em diversos países, todos seguem basicamente o mesmo roteiro, o objetivo principal é mostrar conceitos básicos sobre nanociência e nanotecnologia, destacando sempre as aplicações existentes nessa área.

CANADÁ

No Canadá o ensino de nanociência e nanotecnologia segue da mesma forma dos outros países, projetos são organizados e executados na educação secundária (nível médio), tentando aproximar o quanto antes os estudantes destes tópicos. Os programas começam sempre abordando a escala nanométrica, e a propriedade dos materiais na nova dimensão que eles ocupam, como também as aplicações existentes em diversas áreas.

As aplicações na nanotecnologia têm tomado grandes proporções em todo o mundo, e isso faz com que alguns países sejam ingleses ou não, comecem a pensar no ensino de nanociência e nanotecnologia desde a educação básica, apesar de nanociência ainda não ser

uma disciplina obrigatória no currículo das escolas, mas ela já está fortemente presente nas salas de aula a partir dos projetos que são desenvolvidos neste ambiente.

Garantir educação em nanociência e nanotecnologia é uma obrigação, e deve ser oferecido para estudantes de diferentes países, independente da classe social que eles ocupam, desenvolver métodos, currículos e práticas diferenciadas, preparar os professores, dando o suporte necessário para que eles possam transpor o conhecimento científico de forma igualitária.

CAPÍTULO 4

5. AULAS SOBRE NANOCIÊNCIA E NANOTECNOLOGIA EM UMA DISCIPLINA ELETIVA NA ESCOLA CIDADÃ INTEGRAL ORLANDO VENÂNCIO DOS SANTOS

Neste capítulo vamos mostrar como aconteceram as aulas sobre nanociência e nanotecnologia na escola cidadã integral Orlando Venâncio dos Santos, em Cuité – PB. Esse trabalho iniciou-se a partir de uma disciplina eletiva, as turmas participantes foram do 1º, 2º e 3º ano do ensino médio. Essa disciplina teve como meta mostrar para os alunos envolvidos a importância da nanociência e nanotecnologia na sociedade atualmente, como também apresentar para o público participante uma área da Física que não é tão conhecida pelos alunos que frequentam aquela escola. Este campo de ensino que estamos nos referindo é a Física quântica. A eletiva foi uma excelente oportunidade que surgiu para desenvolvermos este trabalho.

OBJETIVO GERAL

É introduzir o conceito de nanociência e nanotecnologia em uma escola de ensino médio, e apresentar as diversas aplicações existentes na nanotecnologia, que são obtidos a partir do uso dos nanomateriais, destacando os alótropos do carbono que são os nanomateriais de interesse no nosso trabalho, e permite inúmeras aplicações na nanotecnologia.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- ✓ Analisar o conhecimento prévio dos alunos, por meio de um questionário, a cerca do tema nanociência e nanotecnologia;
- ✓ Expor tópicos de física quântica que estão diretamente ligado a nanociência;
- ✓ Apresentar as aplicações da nanotecnologia nas diversas áreas do conhecimento, explorando mais o campo da medicina, que é umas das áreas de maior destaque;
- ✓ Organizar um material didático, que permita aos alunos compreender melhor nanociência e as diversas aplicações existentes na nanotecnologia;

- ✓ Aplicar um questionário para verificar o resultado da abordagem do tema nanociência e nanotecnologia, na disciplina eletiva.

METODOLOGIA DA PESQUISA

O desenvolvimento do trabalho começou a partir de uma sondagem realizada na escola cidadã integral Orlando Venâncio dos Santos na cidade de Cuité – PB, nosso objetivo era saber se os docentes de física trabalhavam nas suas aulas, com os tópicos nanociência e nanotecnologia, a partir de uma entrevista realizada com dois professores foi possível obter essas informações.

A oportunidade de trabalhar com nanociência e nanotecnologia na escola surgiu a partir de uma disciplina “eletiva”, que faz parte do sistema de ensino das escolas que funcionam em tempo integral. Uma professora mostrou-se interessada em trabalhar com o tema na “eletiva” no segundo semestre do ano de 2018. A partir da escolha, foi elaborado um projeto para a “eletiva” (Encontra-se em anexo), onde mostrávamos como seria o desenvolvimento deste trabalho, que obedecia aos seguintes critérios: Introdução, ementa, justificativa, objetivo geral, objetivos específicos, metodologia, recursos didáticos, avaliação e culminância.

Os estudantes que frequentam a Escola Cidadã Integral – ECI optam qual disciplina desejam cursar durante o semestre na eletiva, essa escolha acontece através de uma exposição onde todos os professores apresentam seu projeto, para que os alunos possam escolher qual disciplina desejam cursar. Então a partir deste processo citado anteriormente, vinte e sete alunos optaram por cursar a “eletiva” de nanociência e nanotecnologia, sendo estudantes do 1º, 2º e 3º ano do ensino médio, no dia 6 de agosto de 2018 foram iniciadas as atividades. Os encontros da disciplina sempre aconteciam na segunda-feira, cada aula tinha duração de 50 minutos, como eram duas, tínhamos um período de 1h 40min.

No primeiro momento começamos com um questionário prévio, sobre nanociência e nanotecnologia (Encontra-se em anexo), onde o mesmo era composto por 5 questões, 4 objetivas e 1 discursiva. No segundo momento foi apresentado a definição dos termos nanociência e nanotecnologia, através de uma exposição em slides. Mostramos a importância da escala nanométrica nesta área, e citamos algumas das principais aplicações existentes na nanotecnologia. Após essa introdução sobre o tema que iria ser trabalhado no decorrer da “eletiva”, iniciamos as aulas estudando a Física quântica, que é a base da nanociência.

Começamos abordando a parte da história da quântica, no decorrer das aulas tratamos do estudo de outros tópicos tais como: radiação eletromagnética, radiação térmica e o corpo negro, efeito fotoelétrico, o átomo de Bohr e as transições eletrônicas, os quais foram citados na ementa do projeto.

As aulas eram realizadas em forma de círculo na sala de aula, e os conteúdos eram trabalhados em uma apostila, assim todos os alunos podiam participar de forma ativa. Usamos também o simulador PHET (PHET, 2019) para que eles pudessem ter uma melhor compreensão da teoria que estava sendo discutida naquele ambiente, e algumas dinâmicas para facilitar o entendimento dos conceitos físicos, que são bastante complexos. Finalizadas as aulas sobre a física quântica, iniciamos as atividades sobre nanociência e nanotecnologia, resgatando novamente o estudo da escala nanométrica, que foi exposto na abertura da disciplina, destacamos a dimensão de alguns materiais, sendo eles natural ou artificial, tais como: Fio de cabelo, nanopartículas, vírus, DNA, nanotubos de carbono entre outros. Nas aulas seguintes começamos o estudo dos alótropos do carbono, definindo cada um, o grafite, diamante, nanotubos de carbono, grafeno e fulereno, concluído as aulas sobre os alótropos do carbono, iniciamos as aplicações na nanotecnologia, mostrando diversas aplicações, tanto as já existentes, como as que estão em fase de desenvolvimento, destacando as áreas que estão tendo atualmente um maior destaque, que são elas: a medicina e a eletrônica.

Nas aulas, usamos os recursos de mídia, tais como: vídeos, filmes e documentários para expor os produtos tecnológicos, possibilitando uma ampla compreensão do tema abordado, recorreremos também as apresentações em slides, nas quais usamos: data show, caixinha de som, notebook e pendrive, realizamos dinâmicas, todas confeccionadas com materiais de fácil aquisição, como: papel, tesoura, caixa e cola. A disciplina eletiva tem a característica de trabalhar com as atividades lúdicas, então no decorrer de nossas aulas tivemos que desenvolver algumas práticas voltadas para este campo.

A penúltima etapa realizada foi a aplicação de um questionário composto por 8 questões, sendo 4 objetivas e 4 discursivas sobre nanociência e nanotecnologia, ao total 12 alunos responderam, onde eles puderam relatar um pouco do conhecimento que adquiriram ao longo dos 5 meses que participaram da eletiva N&N.

A disciplina nanociência e nanotecnologia teve suas atividades encerradas no dia 10 de dezembro de 2018, através de uma culminância. Foi o momento que fizemos a exposição do produto final deste projeto, ou seja, tudo que tinha sido trabalhado ao longo do segundo

semestre do ano de 2018 em N&N. A partir de uma apresentação realizada no refeitório da escola, para todo o público deste referido local, uma discente do 3º ano do ensino médio, mostrou o que tinha sido abordado na eletiva N&N, através de uma apresentação em slides (fotos em anexo). A aluna representava toda a turma que fez parte da disciplina nanociência e nanotecnologia.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

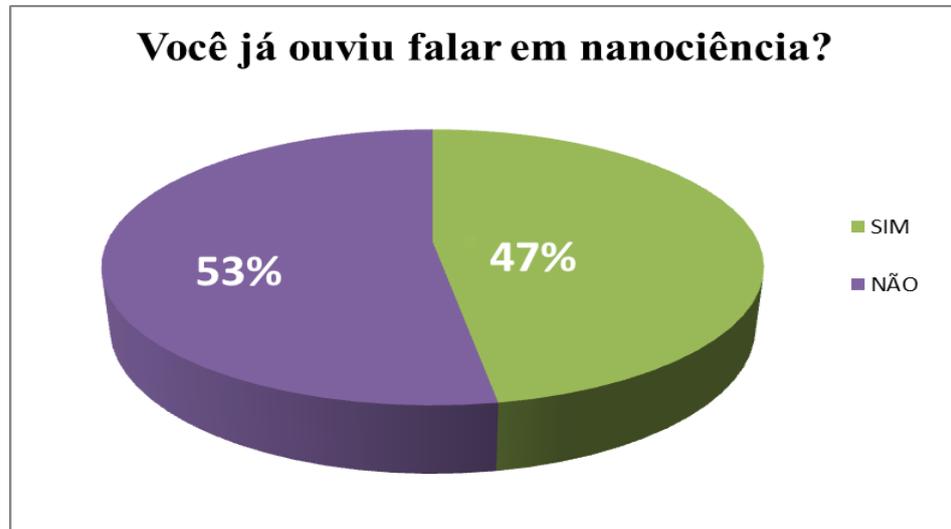
Atualmente o interesse mundial está voltado para o campo do desenvolvimento tecnológico. São diversas áreas que, dia após dia, buscam ampliar esse tipo de conhecimento, como também um importante estudo sobre os aspectos moleculares que vem enriquecendo a ciência, tendo por exemplo, o tema nanociência e nanotecnologia que está promovendo atualmente um grande impacto na sociedade.

Baseado nessas informações que são de grande relevância para o crescimento econômico de um país, e o desenvolvimento dos jovens estudantes no meio científico, desenvolvemos um trabalho envolvendo esta temática, em uma escola estadual de nível médio, a partir de uma disciplina eletiva. O presente tópico tem o objetivo de descrever detalhadamente o resultado do nosso trabalho, que foi o estudo sobre nanociência e nanotecnologia.

Utilizamos uma pesquisa qualitativa, que tem o questionário como um grande instrumento para coletar dados, é uma das formas mais usadas, pois possibilita resultados mais exatos. Ele contém perguntas somente sobre o tema abordado na pesquisa. Sua composição é de questões objetivas e discursivas.

O primeiro resultado que vamos apresentar aqui é do questionário número 1 (Está em anexo), que trata do conhecimento prévio dos alunos sobre o tema nanociência e nanotecnologia.

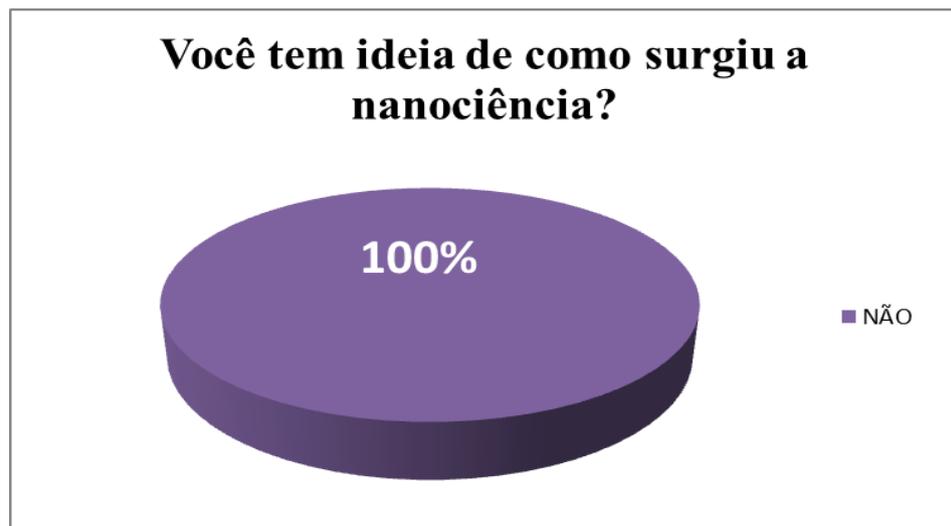
Figura 20 – Percentual dos alunos entrevistados na disciplina eletiva, que já ouviram ou não falar em nanociência e nanotecnologia.



Fonte: Dados da pesquisa (2019)

A Figura 20 mostra o resultado do questionamento a cerca do conhecimento do tópico nanociência. 53% dos alunos relataram que nunca ouviram falar nada a respeito do tema nanociência, e 47% deles disseram que já tinha tido antes algum contato com esta temática.

Figura 21 – Conhecimento dos entrevistados a cerca do surgimento da nanociência.



Fonte: Dados da pesquisa (2019)

Quando eles foram indagados sobre como surgiu à nanociência, 100% dos alunos entrevistados, não tem nenhuma ideia de como apareceu este tema tão importante. O fato de

não existir ainda uma divulgação maior no campo da educação sobre este assunto, contribui para que esses estudantes não tenham nenhum conhecimento a cerca do surgimento dessa ciência. É necessário que exista com urgência uma mudança no currículo da educação básica, esse assunto tem que ser debatido dentro do ambiente escolar, a ciência precisa ser divulgada nesses locais.

Figura 22 – Visão dos alunos entrevistados sobre as contribuições futuras da nanociência na sociedade.



Fonte: Dados da pesquisa (2019)

Sobre as contribuições futuras da nanociência na sociedade 68% dos alunos entrevistados acreditam que grandes resultados podem ser obtidos, com o estudo sobre o tema nanociência. A busca por o conhecimento aprofundado sobre a escala nanométrica é essencial para conhecermos como funciona a dimensão de cada nanomaterial, que serão manipulados e darão origem a novos produtos na nanotecnologia, que serão de grande utilidade para toda a humanidade. Os outros 32% deles disseram que ela não tará nenhum beneficio para a humanidade no futuro.

Figura 23 – Percentual de alunos entrevistados na eletiva sobre o tema nanotecnologia, se já ouviram falar ou não.



Fonte: Dados da pesquisa (2019)

Em relação ao tema nanotecnologia 68% dos alunos apontaram que nunca tiveram nenhuma informação a cerca deste tópico, enquanto 32% relataram que já ouviram falar, antes dessa abordagem na disciplina eletiva. Fazendo uma comparação da Figura 20 com a figura 23, podemos verificar que apesar do termo nanotecnologia parecer ser muito mais conhecido do que a nanociência, os alunos entrevistados 47% disseram que já tinha ouvido falar sobre nanociência e 32% sobre nanotecnologia, isso nos mostra que mesmo tendo muitas aplicações na eletrônica, na produção de diversos aparelhos super modernos, como celulares e TVs o tema nanotecnologia precisa ser mais divulgado nas escolas, pois os estudantes ainda não têm conhecimentos sobre essas aplicações, que estão ligadas a nanotecnologia.

Figura 24 – Entendimento a cerca do tema nanotecnologia, segundo os alunos entrevistados.



Fonte: Dados da pesquisa (2019)

A maioria dos alunos 84% não conseguiram definir nada sobre nanotecnologia, não sabem como ela surgiu, nem ao menos o que ela representa na ciência moderna hoje, e 16% disseram que entende algo sobre este tema. Precisamos urgentemente que este tópico seja implementado no ambiente escolar, não podemos permitir que os jovens estudantes da educação básica, não tenham nenhuma concepção concreta acerca deste tema, que está revolucionando a ciência do século XXI.

O segundo questionário aplicado vai nos mostrar o resultado obtido após a participação dos discentes na eletiva “nanociência e nanotecnologia”. Ele é composto de questões objetivas e discursivas, onde os alunos poderão definir conceitos, como também dar sua opinião acerca do tema desenvolvido na eletiva. Tivemos uma redução no número de alunos, do primeiro para o segundo questionário. Na segunda etapa, 12 estudantes responderam o último questionário. Alguns discentes ao longo da disciplina resolveram sair da eletiva N&N, e ingressaram em outras, o motivo que os levaram a desistir, segundo eles, N&N era muito complexo, por isso não conseguiam compreender o que era exposto em sala de aula, outros não gostaram, por ser uma disciplina mais informativa.

Figura 25 – Concepção dos alunos a respeito da definição dos termos nanociência e nanotecnologia.



Fonte: Dados da pesquisa (2019)

Como mostra a figura 25, 67% dos estudantes souberam definir o que seria nanociência e nanotecnologia, eles argumentaram que a nanociência está relacionada com o estudo de materiais na escala nanométrica. “É o estudo de coisas que estão numa dimensão da ordem de $10^{-9}m$ que é muito pequena”, e ainda destacaram que só com microscópios eletrônicos de alta resolução é possível visualizar os materiais que se encontram nessa escala. “Para visualizar esses materiais tão pequenos utilizamos aparelhos microscópios”. Eles apontaram que a nanotecnologia é muito usada na criação de aparelhos tecnológicos, ” Para construir esses aparelhos que usamos atualmente é usado nanotecnologia a partir dos átomos”. Segundo os participantes a produção de dispositivos acontece a partir da manipulação de átomos e moléculas. E 33% não souberam conceituar nenhum dos dois termos.

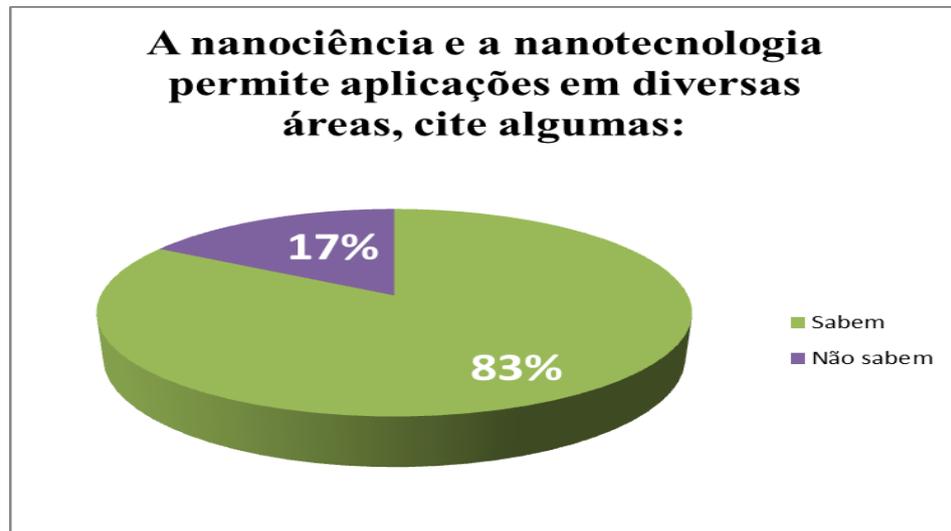
Figura 26 – Percepção dos entrevistados sobre a relevância da nanociência e nanotecnologia na sociedade atualmente.



Fonte: Dados da pesquisa (2019)

A possibilidade de construir produtos cada vez mais eficientes, foi o ponto mais citado pelos entrevistados. Segundo eles, as contribuições da nanociência e nanotecnologia atualmente são indispensáveis para o desenvolvimento econômico de um país, principalmente no setor da eletrônica. “A criação de celulares cada vez mais eficientes, é muito bom, pois as pessoas querem celulares cada vez mais modernos”. Celulares super modernos foi um dos nomes mais citados por eles. A indústria está caminhando a passos acelerados, em busca da criação de produtos inteligentes, e nós temos que nos adaptar e acompanhar de perto essa revolução tecnológica, 75% dos participantes responderam de forma coesa, e apenas 25% não souberam descrever.

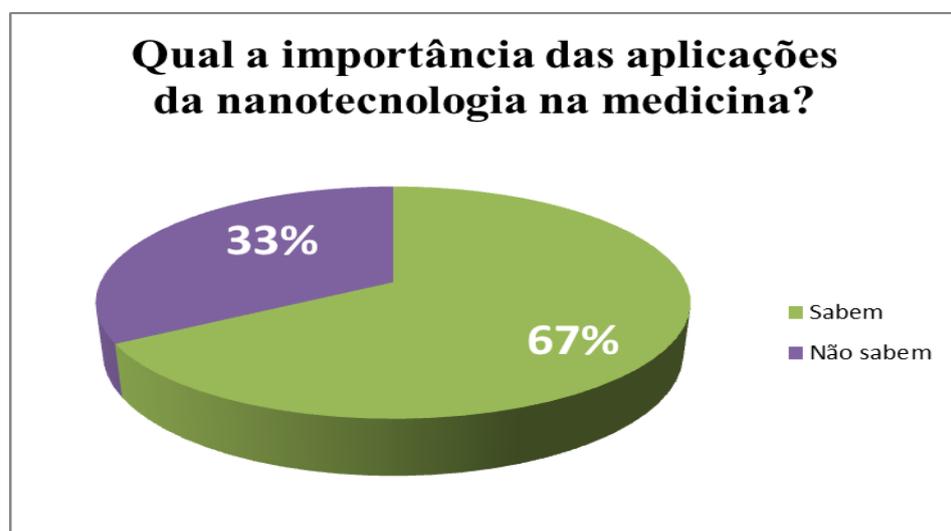
Figura 27 – As aplicações da nanociência e nanotecnologia em diversas áreas do conhecimento, segundo os alunos participantes da disciplina.



Fonte: Dados da pesquisa (2019)

As aplicações na nanotecnologia abrangem diversas áreas, é um campo bastante amplo e interdisciplinar, as mais citadas pelos alunos foram: “Na Medicina, Eletrônica, Química, Física, Engenharia, na Indústria têxtil e os Cosméticos”. Segundo os estudantes são muitas as aplicações da N&N e todos os setores querem se beneficiar, 83% deles souberam citar diversas áreas que já utilizam a nanotecnologia, seja na produção de dispositivos, produtos ou no combate a doenças, 17% não conseguiram citar nenhuma área.

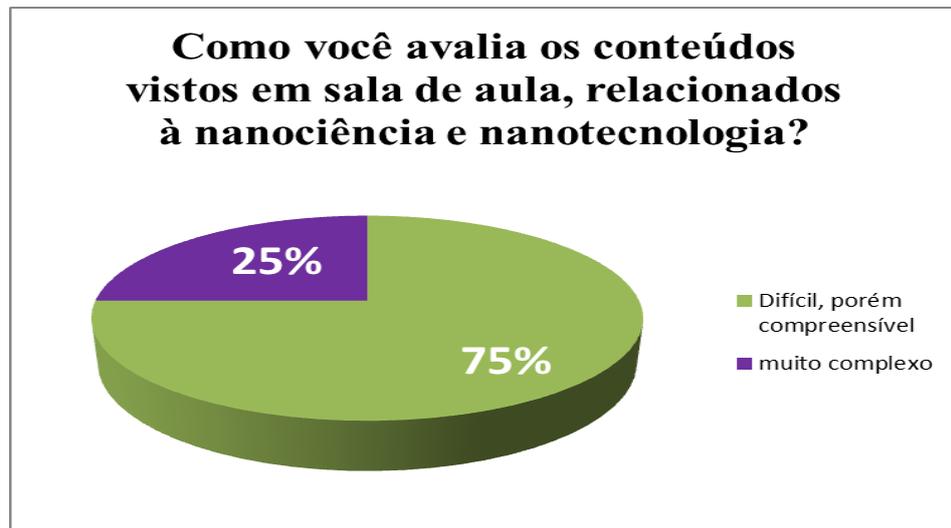
Figura 28 – Posicionamento dos entrevistados a cerca das aplicações existentes e futuras na área da medicina.



Fonte: Dados da pesquisa (2019)

A nanotecnologia na medicina, o mais citado por todos os alunos foi a possível criação de nanorobôs em escala nanométrica, que poderão tanto curar doenças, como diagnosticar e prevenir. 67% dos alunos comentaram que será um passo muito importante na medicina. “ Existem inúmeras doenças que o tratamento oferecido atualmente é muito fraco um exemplo é o câncer”. O que se tem hoje em dia na busca de combater esta doença são quimioterapias, que agridem profundamente o paciente. Para eles, “ A criação de nanorobôs será um grande avanço na medicina, o tratamento de algumas doenças, como o câncer, não será tão sofrido.” Será um método de tratamento muito mais eficiente. Os outros 33% não argumentaram nada a respeito da importância da medicina na nanotecnologia.

Figura 29 - Análise dos alunos em relação aos conteúdos expostos em sala de aula, sobre nanociência e nanotecnologia.



Fonte: Dados da pesquisa (2019)

A maioria dos alunos 75% descreveram que os conteúdos são difíceis, porém é possível compreender. O fato deles acharem complicado é porque se trata de algo novo, nunca visto antes por eles, e isso foi possível identificar no decorrer das aulas. Quando falávamos da escala nanométrica, eles disseram que era um pouco complicado, começar a pensar que existem determinados materiais com uma dimensão tão pequena, já que antes só estavam adaptados a trabalhar com medidas de objetos em tamanhos maiores, como por exemplo na dimensão macro. Os outros 25% disseram que os conteúdos são muito complexos, e por isso a aprendizagem destes tópicos se torna inviável. Nenhum aluno apontou que o conteúdo era fácil, já era um resultado esperado, pois no dia-a-dia nas aulas os estudantes já relatavam que era um tema bastante difícil.

Figura 30 – Opinião dos estudantes sobre a importância de trabalhar com este tema na escola em outros momentos.



Fonte: Dados da pesquisa (2019)

Quando questionados sobre a importância da implementação destes tópicos na escola, 75% do público considera um tema importante para ser debatido na escola, enquanto 25% acredita que estes tópicos não devem ser expostos no ambiente escolar. Saber que a maioria dos estudantes concordam com a abordagem de N&N na educação básica, com certeza já é um grande avanço, pois como foi tratado ao longo de todo nosso trabalho esses temas são essenciais para o desenvolvimento da pesquisa no Brasil e no mundo. Iniciativas como essas são sempre bem vindas, e primordiais para o desenvolvimento científico dos nossos aprendizes.

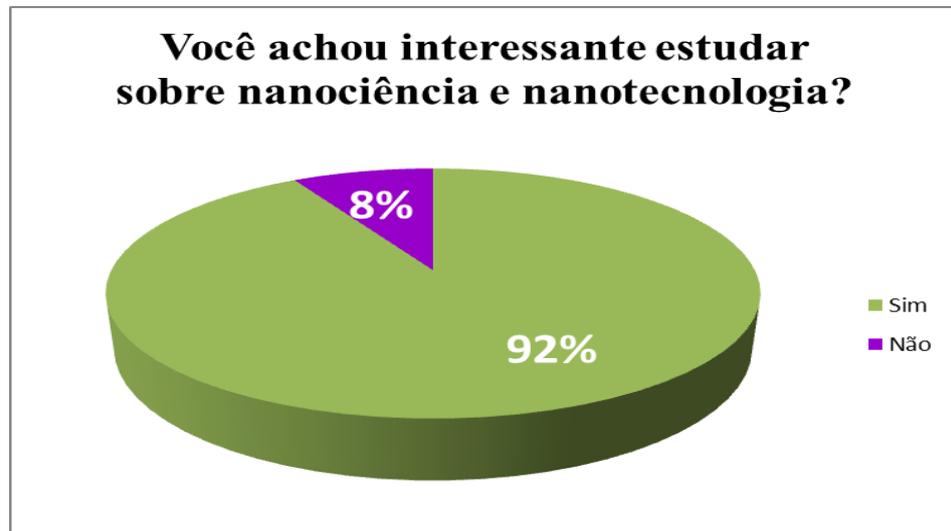
Figura 31 – Opinião dos alunos sobre a importância de saber sobre as aplicações e os impactos da nanociência e nanotecnologia no mundo.



Fonte: Dados da pesquisa (2019)

É importante que haja uma maior divulgação dos temas, 67% dos alunos consideram que tem que haver essa exposição mesmo. A sociedade precisa acompanhar todas as transformações que está acontecendo na ciência. Os outros 33% não acreditam que isso seja importante para sociedade. Na última década, a nanociência e nanotecnologia tem atingido um importante patamar na divulgação científica e tecnológica, e tem chamado a atenção de todos os países.

Figura 32 - Visão dos alunos sobre o estudo dos tópicos Nanociência e Nanotecnologia no segundo semestre de 2018 na escola cidadã Integral – ECI.



Fonte: Dados da pesquisa (2019)

Esse foi um dos momentos mais marcantes deste trabalho. Mesmo diante de todas as dificuldades encontradas, o nosso público gostou da eletiva nanociência e nanotecnologia, e isso ficou visível nos diálogos que acontecia ao longo da disciplina. Logo após a realização da prova do Exame Nacional do Ensino Médio – ENEM, no ano de 2018, alguns estudantes chegaram à aula de N&N, super empolgados, porque um dos alótropos do carbono, apresentado na sala de aula, o grafeno, tinha sido assunto de umas das questões de Física do ENEM, nos mostrando o quanto nosso trabalho foi relevante na formação daqueles estudantes. A opinião dos alunos sobre esta temática foi de fundamental importância, pois é ela que nos mostra se o trabalho desenvolvido na escola, foi de grande utilidade na comunidade escolar. Tivemos uma aprovação de 92% dos participantes, apenas 8% não gostou de ter estudado estes tópicos.

DIFICULDADES ENCONTRADAS NA PESQUISA

Um dos principais problemas com os quais nos deparamos na disciplina nanociência e nanotecnologia foi a falta de aulas. A eletiva sempre acontecia na segunda-feira. Como ela teve início no mês de agosto, a escola estava se preparando para realizar a feira de ciências, referente ao ano de 2018. Então algumas aulas eram usadas para os alunos preparem os materiais que seriam apresentados na feira, e isso acabou modificando nosso planejamento em

relação à sequência de estudo sobre N&N. Alguns conteúdos da Física quântica que seriam trabalhados na sala de aula, foi preciso fazer uma readaptação, para encaixar novamente no novo calendário.

Encontramos também algumas dificuldades em relação à transposição dos conteúdos. O fato de os assuntos mostrados na sala de aula serem todos novos para os alunos, eles apresentavam dificuldades para entender alguns tópicos. Então nós como mediadores, tínhamos que buscar formas mais simples e claras para passar determinados assuntos. Onde podemos destacar um dos recursos didáticos que mais foi útil, quando estudávamos a Física quântica, o simulador PHET (PHET, 2010) foi de grande importância, por exemplo: no estudo do efeito fotoelétrico isso ficou bastante visível, enquanto falávamos da teoria tudo parecia incompreensível pelos alunos, quando mostramos o mesmo tema a partir de uma simulação com o PHET tudo ficou muito mais claro.

Outro aspecto que foi bastante difícil foi a ausência de alguns alunos nas aulas. E como tudo era uma sequência, o tema seguinte sempre dependia do anterior; os estudantes que faltavam em determinadas aulas, nas etapas seguintes, já apresentavam maiores dificuldades. Chegando ao final da eletiva, esses estudantes que faltaram muito no decorrer do semestre, eles não conseguiram apontar os pontos positivos e negativos em relação à N&N nem suas expectativas futuras.

CAPÍTULO 5

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Procuramos neste trabalho abordar os tópicos de nanociência e nanotecnologia em uma disciplina eletiva, numa escola que funciona na modalidade integral, de ensino médio. Diante do impacto que esse tema vem causando no mundo, grandes investimentos estão sendo aplicados nesta área, em diversos países tais como: Estados Unidos, China, Japão, Canadá, Brasil e muitos outros se encontram motivados a investir neste campo. A nanociência, por ser uma área interdisciplinar, se torna muito mais importante, e possui muitas aplicações, na Engenharia, Química, Física, Biologia, Farmácia e em várias outras áreas.

Diante da relevância destes tópicos atualmente na sociedade, é necessário que haja uma maior divulgação na educação básica, precisamos deixar os jovens estudantes que serão os futuros pesquisadores deste país, bem informados sobre o que está acontecendo na ciência moderna ultimamente. Por isso, sentir a necessidade de trabalhar nanociência e nanotecnologia no ensino médio. A implementação deste tema no ambiente escolar, promoveu aos alunos envolvidos neste projeto um conhecimento muito mais amplo a cerca deste assunto.

O material apresentado em sala de aula sobre Física quântica, foi essencial para a compreensão posteriormente da nanociência e nanotecnologia, além de ter sido uma oportunidade única na formação daqueles estudantes, se estes alunos não tivessem participado da eletiva N&N eles jamais teriam a chance de estudar Física quântica no ensino médio, mesmo este conteúdo na maioria das vezes estando presente no plano de curso do professor, ele não é ministrado nas aulas de Física por grande parte dos docentes.

Utilizamos os questionários como forma de fazer uma avaliação a cerca dos conhecimentos adquiridos pelos alunos, tanto o prévio, como o final, que foi aplicado no penúltimo momento da disciplina, o último questionário aplicado nos mostrou o resultado do trabalho desenvolvido ao longo do segundo semestre do ano de 2018 em N&N. A maioria do público participante apresentam suas respostas com bastante coesão, mostrando que o projeto foi de grande relevância para eles.

Todos os conteúdos trabalhados nas aulas foram de grande importância para os alunos que fizeram parte da disciplina, mesmo sendo tudo novo para eles, como o estudo dos alótropos do carbono, que é algo que eles nunca tinham vivenciado antes, mas que é um ponto

importante para nanociência e nanotecnologia. As dificuldades encontradas em cada etapa eram trabalhadas e superadas nas etapas seguintes. Ver o esforço e a perseverança de cada um, me deixava muito mais entusiasmada e motivada a fazer da disciplina nanociência e nanotecnologia o ponto de partida para um estudo mais avançado de ciências, na formação daqueles discentes.

7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALFORD, Kristin JS et al. Creating a spark for Australian Science through integrated nanotechnology studies at St. Heelena secondary college. **Journal of Nano Education**, v.1, n.1, p. 68-74, 2009.

BINNIG, Gerd et al. Surface studies by scanning tunneling microscopy. **Physical review letters**, v. 49, n. 1, p. 57, 1982.

PAIVA BASTOS, Ricardo Martins. **Nanotecnologia: Uma revolução no desenvolvimento de novos produtos**. 2006. Tese de doutorado. Universidade Federal de Juiz de Fora.

BHATTACHARYA, Sujit; BHATI, Madhulika. China's emergence as a global nanotech player: Lessons for countries in transition. **China Report**, v. 47, n. 4, p. 243-262, 2011.

BASES, LEI DE DIRETRIZES E. da Educação Nacional. **LDBEN**. Lei, 1996.

COSTA, Gera, **o que é grafeno e por que ele pode revolucionar os eletrônicos?**. 2013. Disponível em: <https://www.techtudo.com.br/artigos/noticia/2013/04/entenda-o-que-e-grafeno-e-por-que-ele-pode-revolucionar-os-eletronicos.html>. Acesso em: 12/12/2018.

CENTER, Knowledge. **Nanotecnologia**. Instituto Inovação. Setembro, 2005.

CORCUERA, Valerie Cecilie et al. Caracterização Térmica de Materiais Obtidos por Compactação de Grafite Expandido. **Revista Brasileira de Aplicações de Vácuo**, v. 29, n. 3-4, p. 47-60, 2012.

CARDOSO, Nano no coração da matéria. **SUPER**, Maio 1992.

DISNER, Geonildo Rodrigo; CESTARI, Marta Margarete. Nanociência & Nanotecnologia. **Evidência**, Joaçaba v.16, n.1, p.71-76, jan./jun. 2016.

DUTRA, Fabricio Andre. **Modelagem Ab Initio da Cisteína adsorvida em grafeno**. Dissertação de mestrado, 2010.

DRAKOVA, D. Theoretical modelling of scanning tunnelling microscopy, scanning tunnelling spectroscopy and atomic force microscopy. **Reports on Progress in Physics**, v. 64, n. 2, p. 205-290, 2001.

EISBERG, Robert Martin et al. **Física Quântica**, Rio de Janeiro, Elsevier, 1979.

FERNANDES, Fernando Massa. **Síntese de nanotubos de carbono orientados e aplicação na produção de pontas de AFM**. 2008. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo.

FERNANDES, Ana Luiza Castro et al. **Nanopartículas de prata, fulerenos e nanotubos de carbono: as interações de nanomateriais com a unidade imunológica cutânea**. Tese de Doutorado. Escola Nacional de Saúde Pública Sérgio Arouca. Rio de Janeiro. 2012.

FAHNING, Bárbara Mathias; LOBÃO, Elyomar Brambati. **Nanotecnologia aplicada a fármacos**. Monografia. Faculdade Católica Salesiana do Espírito Santo. 2011.

GUPTA, Vinod K., SALEH, Tawfik A. Sorption of pollutants by porous carbon, carbon nanotubes and fullerene-an overview. **Environmental science and pollution research**, v. 20, n. 5, p. 2825-2843, 2013.

GREENBERG, Andrew. Integrating nanoscience into the classroom: Perspectives on nanoscience education projects. **American Chemical Society**. v. 3, n. 4, 2009.

HERBST, Marcelo Hawrylak; MACÊDO, Maria Laponeide Fernandes; ROCCO, Ana Maria. Tecnologia dos nanotubos de carbono: tendências e perspectivas de uma área multidisciplinar. **Química Nova**, v. 27, n. 6, p. 986-986, 2004.

HASS, J., DE HEER, W.A.; CONRAD, E. H. The growth and morphology of epitaxial multilayer grapheme. **Journal of Physics: Condensed Matter**, v. 20, n. 32, p. 323202, 2008.

HEALTH, Wolters Kluwer. **Graphene has potential to reshape neurosurgery**, 2014. Disponível em: <https://www.nanowerk.com/news2/newsid=35339.php>. Acesso em: 27/12/2018.

HELMENSTINE, Anne Marie. **Diamond é um condutor?**, 2018. Disponível em: <https://www.thoughtco.com/diamond-a-conductor-607583>. Acesso em: 25/06/2018.

HINGANT, Bénédicte; ALBE, Virginie. Nanosciences and nanotechnologies learning and teaching in secondary education: A review of literature. **Studies in Science Education**, v. 46, n. 2, p. 121-152, 2010.

KREBS, Robert E. **The history and use of our earth's chemical elements: a reference guide**. 2 ed. Greenwood Publishing Group, 2006.

KITTEL, Charles. **Introdução a Física do Estado Sólido**, Rio de Janeiro, 5º ed. Guanabara dois, 1978.

LINHA DIRETA, **Educação em nanociência e Nanotecnologia**. Revista Linha Direta. ed. 184. Julho. 2013.

LEONEL, André Ary et al. **Nanociência e Nanotecnologia: uma proposta de ilha interdisciplinar de racionalismo para o ensino de Física Moderna e Contemporânea no Ensino Médio**. 2012. Dissertação de mestrado. Universidade Federal de Santa Catarina.

LERNER, Mitchell B. et al. A carbon nanotube immunosensor for Salmonella. *Aip Advances*, v.1, n. 4, p. 42-127, 2011.

LIFE THROUGH A LENS. Nobelprize.org. Nobel Média AB 2019. Disponível em: <https://www.nobelprize.org/prizes/physics/1986/perspectives/>. Acesso em: 16/10/2018.

NOVOSELOV, Kostya S. et al. Electric field effect in atomically thin carbon films. *Science*, v. 306, n. 5696, p. 666-669, 22 October, 2004.

NIMIBOFA, Ayawei et al. Fullerenes: Synthesis and Applications. **Jornal of Materials Science Research**, v.7, n. 3, 2018.

O PRÊMIO NOBEL DE FÍSICA DE 2010. NobelPrize.org. Nobel Media AB. Disponível em: <https://www.nobelprize.org/prizes/physics/2010/summary/>. Acesso em: 15/11/18.

OLIVEIRA, Riley Rodrigues. **Ao cortar investimentos em ciência, Brasil assassina o futuro**. 2018. Disponível em: <https://epocanegocios.globo.com/Brasil/noticia/2018/04/ao-cortar-investimentos-em-ciencia-brasil-assassina-o-futuro.html>. Data de acesso: 05/01/2019.

PEREIRA, F.D.; HONÓRIO, K.M.; SANMOMIYA, M. Nanotecnologia: desenvolvimento de materiais didáticos para uma abordagem no ensino fundamental. **Química Nova na Escola**, v. 32, n. 2, p. 73-77, 2010.

PHET, **University of Colorado Boulder**. Disponível em: https://phet.colorado.edu/pt_BR/simulation/photoelectric. Acesso em: 14/06/2019.

QIU, Jane. Nanotechnology development in China: Challenges and opportunities. **National Science Review**, v.3, n. 1, p. 148-152, 2016.

ROCHA-FILHO, Romeu C. Os fullerenos e sua espantosa geometria molecular. **Química Nova na Escola**, v. 4, p. 7-11, 1996.

SILVA, Edison Z. Nanociência: a próxima grande ideia?. **Revista USP**, n.76, p. 78-87, 2008.

STAVROU, Dimitris et al. Teaching high-school students nanoscience and nanotechnology. **LUMAT (2013-2015 Issues)**, v. 3, n.4, p. 501 – 511, 2015.

SANTOS, Geovana, NIHEI, Oscar Kenji. **Nanotecnologia no Ensino de Ciências: Integrando o saber Científico de ponta no ensino Fundamental**. Paraná. 2013.

VIEIRA SEGUNDO, J.E.D.; VILAR, Eudésio Oliveira. Grafeno: Uma revisão sobre propriedades, mecanismos de produção e potenciais aplicações em sistemas energéticos. **Revista Eletrônica de Materiais e Processos**, v. 11, n. 2, 2016.

YUNG, **Rodrigo, grafeno pode tornar conexões até 100 vezes mais rápidas**. 2013. Disponível em: <https://www.codigofonte.com.br/noticias/grafeno-pode-tornar-conexoes-ate-100-vezes-mais-rapidas>. Acesso em: 08/12/2018.

8. APÊNDICE

APÊNDICE A – ENTREVISTA COM PROFESSORES DE FÍSICA DA ESCOLA PARTICIPANTE DA PESQUISA

ENTREVISTA

1º) O conteúdo de Física moderna está inserido no seu plano de curso?

() SIM NÃO ()

2º) Você consegue lecionar este conteúdo durante o ano letivo? Se não, Justifique.

() SIM () NÃO

3º) Se sua resposta é não, porque?

4º) Quais as maiores dificuldades que você encontrou para trabalhar com este conteúdo em sala de aula?

5º) Você acha importante que seus alunos saibam do tema de nanociência e nanotecnologia?

6º) Na sua formação acadêmica você cursou alguma disciplina que trabalhasse com esse tema?

**APÊNDICE B – QUESTIONÁRIO PRÉVIO SOBRE NANOCIÊNCIA E
NANOTECNOLOGIA APLICADO NA ELETIVA**

QUESTIONÁRIO 1

1º) Você já ouviu falar em nanociência?

SIM () NÃO ()

2º) Você tem ideia de como surgiu a nanociência?

SIM () NÃO ()

3º) No seu ponto de vista a nanociência pode trazer grandes contribuições futuras para a humanidade?

SIM () NÃO ()

4º) E nanotecnologia você já ouviu falar?

SIM () NÃO ()

5º) O que você entende por nanotecnologia?

**APÊNDICE C – QUESTIONÁRIO APLICADO AO FINAL DA ELETIVA
NANOCIÊNCIA E NANOTECNOLOGIA**

QUESTIONÁRIO 2

1º) O que é nanociência e nanotecnologia para você?

2º) Qual a importância da nanociência e nanotecnologia na sociedade, hoje?

3º) A nanociência e a nanotecnologia permite aplicações em diversas áreas, cite algumas:

4º) Qual a importância das aplicações da Nanotecnologia na medicina?

5º) Como você avalia os conteúdos vistos em sala de aula, relacionados à nanociência e nanotecnologia?

Difícil, porém compreensível () fácil () () muito complexo

6º) Você considera nanociência e nanotecnologia um tema importante para ser trabalhado na sua escola?

SIM () NÃO ()

7º) Você achou interessante estudar sobre nanociência e nanotecnologia?

SIM () NÃO ()

8º) É importante saber sobre as aplicações e os impactos da nanociência e nanotecnologia no mundo?

SIM () NÃO ()

APÊNDICE D – PROJETO APRESENTADO A ESCOLA SOBRE A DISCIPLINA QUE SERIA DESENVOLVIDA NA ELETIVA, NO SEGUNDO SEMESTRE 2018.

GOVERNO DE ESTADO DA PARAIBA SECRETARIA DE ESTADO DA EDUCAÇÃO 4ª
GERÊNCIA REGIONAL DE EDUCAÇÃO
ESCOLA CIDADÃ INTEGRAL ORLANDO VENÂNCIO DOS SANTOS
PROPOSTA DE ELETIVA PARA O SEGUNDO SEMESTRE DE 2018

TEMA: NANOCIÊNCIA E NANOTECNOLOGIA

PROFESSORA: CAROLINA SOUTO DOS SANTOS

CUITÉ /PB

2018

INTRODUÇÃO

Uma nova revolução tecnológica está em curso, trata-se da nanociência e da nanotecnologia, áreas com vasta gama de aplicações, que vai da produção de alimentos a fármacos capazes de melhorar a qualidade de vida da população, á criação de materiais com propriedades inusitadas e computadores ultravelozes baseados em fenômenos atômicos. Por essas razões, essas áreas são consideradas importantes para o desenvolvimento do país. A Nanociência e a Nanotecnologia são intrinsecamente multidisciplinares. Os Projetos nessas áreas são frequentemente desenvolvidos por laboratórios e grupos estruturados em redes, o que estimula a integração das instituições e soma esforços e competências. A nanociência e a nanotecnologia promete revolucionar a forma de viver no século XXI, tornar as coisas menores, mais rápidas, mais fortes e mais eficientes, são muitas as promessas para a área da nanotecnologia, podemos citar as seguintes: Computadores capazes de calcular, em segundos tarefas que levariam bilhões de anos para a mais avançada dessas máquinas de hoje; materiais mas leves e resistentes para a construção de casas, edifícios, navios, aviões; nanochips para monitorar as condições do interior do corpo humano; anticorpos sintéticos capazes de atacar e destruir vírus, bactérias ou células cancerígenas; telas de TV dobráveis, tecidos para roupas que poderia mudar de cor, e diversas outras descobertas. Porém, isso não deve ser confundido com miniaturizar o que já foi inventado. O cerne dessas áreas está em entender e domar o comportamento da matéria na escala nanométrica, pois se sabe que as propriedades macroscópicas e nanoscópicas da matéria muitas vezes diferem diametralmente, a ponto de o comportamento nessas duas escalas ser oposto. Nesta disciplina iremos estudar a teoria que esta dentro da Física moderna que é base para entender a nanociência e suas aplicações na nanotecnologia.

EMENTA

Física Moderna

- Radiação térmica e o corpo negro
- Modelo Quântico para as radiações eletromagnéticas
- Efeito fotoelétrico
- A dualidade da luz
- O átomo de Borh e as transições eletrônicas

- Comportamento ondulatorio da materia
- De Broglie e o modelo de Bohr

Nanociência e Nanotecnologia

- A escala Nanométrica
- Alótropos do carbono
- Aplicações dos alótropos do carbono na nanotecnologia

DISCIPLINAS/ÁREAS DO CONHECIMENTO ENVOLVIDAS

Física, Química, Matemática e Biologia.

PROFESSORES RESPONSÁVEIS

CAROLINA SOUTO DOS SANTOS - **Regente**

LUÍS ALBERTO TERRAZZOS JAVIER – **Colaborador**

MARIZA FERNANDES DE MORAIS – **Colaboradora**

JUSTIFICATIVA

A nanociência e nanotecnologia apresentam um campo importante e que promete um rápido crescimento, tanto em pesquisa fundamental como no âmbito industrial devido ao grande potencial destas novas aplicações para o desenvolvimento econômico, progressos no domínio da nanociência e nanotecnologia são caracterizados pela produção em massa de nano-objetos. O impacto das inovações da Nanotecnologia é inevitável e vai impulsionar diversos setores econômicos, como eletroeletrônica, construção civil, Biomedicina e proteção ambiental. O ensino da nanociência e Nanotecnologia no ensino médio vai demandar não só a concepção e a uniformização de novos programas acadêmicos, mas, também, um novo projeto pedagógico que se proponha a contribuir para a desmistificação da ciência e tecnologia como apoio de recursos especiais e metodologias de ensino transformadoras e que busque valorizar a educação científica básica e o significado da ciência e tecnologia para uma sociedade moderna que visa o desenvolvimento pessoal e coletivo.

OBJETIVO GERAL

Preparar o discente para que o mesmo possa compreender a importância da Nanociência e Nanotecnologia, e suas contribuições na evolução da humanidade.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Introduzir conceitos de física quântica
- Conhecer os alótropos do carbono
- Estudar as aplicações dos alótropos do carbono na nanotecnologia

METODOLOGIA

Aulas expositivas; visita ao laboratório de Física Moderna e ao laboratório de Simulação computacional de alto desempenho na Universidade Federal de Campina Grande – UFCG, no Centro de Educação e Saúde – CES, laboratório de informática para a realização de simulações; atividades lúdicas tais como: jogos, filmes e teatro. Essas aulas serão realizadas no segundo semestre de 2018.

RECURSOS DIDÁTICOS

Quadro Branco, vídeos, aparelho de som, Notebook, Livros, pincel, Textos, data Show.

DURAÇÃO

Cinco meses.

CULMINÂNCIA

Apresentação dos alunos será sobre as aplicações dos alótropos de carbono em diversas áreas, Farmácia, Nutrição, Medicina e Construção civil. Será feita através de exposição de trabalhos realizados pelos alunos procurando aproveitar as habilidades particulares de todos os educandos e articulando-as entre elas. Estimulando os trabalhos e tornando o aprendizado mais prazeroso, sempre tendo em mente que a Culminância não deve ser o objetivo final a ser atingido, mas sim um aproveitamento máximo nas experiências vividas durante as aulas.

AVALIAÇÃO

A avaliação será realizada de forma contínua, a participação dos alunos nas aulas será de grande importância no processo avaliativo, como também a resolução de trabalhos propostos.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANDRÉ ARY LEONEL, CARLOS ALBERTO SOUZA, **Nanociência e nanotecnologia para o ensino de física moderna e contemporânea na perspectiva da alfabetização científica e técnica.**

BEZERRA, DAYANE ARAUJO, **utilizando quadrinhos como motivação para a introdução da nanotecnologia na educação básica através da construção de uma escala decimal**, monografia, centro de ciência e tecnologia da universidade estadual da Paraíba, 2014.

ELLWANGER, ANDERSON LUIZ, MOTA, RONALDO FAGAN, SOLANGE BINOTTO, **abordagem de nanociência no ensino médio**, Vidya, vol.4, p.85 -98, 2014, ISSN 2176 – 4603.

ELLWANGER, ANDERSON LUIZ, **tópicos de nanociências em conteúdos de física no ensino básico**, Dissertação, apresentada para título de mestrado, Ensino de Física e de Matemática da Área de Ciências Tecnológicas do Centro Universitário Franciscano, 2010.

GAMA, CÁTIA FERNANDES, **Uma proposta para o ensino da nanociência e da Nanotecnologia, nas aulas de Física no ensino médio**, Dissertação, apresentada para título de mestrado, Universidade de Ensino de Ciências em São Paulo, 2013.

MARCONE, PAULA DE SOUSA, **Nanotecnologia e nanociência: aspectos gerais, aplicações e perspectivas no contexto do Brasil perspectiva da ciência e tecnologia**, vol 7, nº 2, ano 2015.

OLIVEIRA, JOSÉ MÁRCIO LIMA , **984 Nanociência e nanotecnologia no ensino médio: Leituras de textos de divulgação científica produção de significados sobre Física moderna e contemporânea**, Dissertação, apresentada para título de mestrado, Universidade Estadual de Campinas, 2013.

RIBEIRO, ALLAN VICTOR, TEREZA, MATHEUS BORGES SOUZA, FELIPE ALEXANDRE, FILHO, MOACIR PEREIRA DE SOUZA, **Modelagem e simulação**

FELIPE MOREIRA, **objetos de aprendizagem aplicada ao ensino da Nanociência.**

TOMA, ARAKI, Nanociencia e Nanotecnologia, **Ciência Hoje**, vol .37, nº 237, Julho, 2005.

ZANELLA, IVANA, FAGAN, SOLANGE B., BISOGNIN, VANILDE BISOGNIN, ELENI, XVIII simpósio nacional de ensino de física, 2009, **abordagens em nanociência e nanotecnologia para o ensino médio**, Vitória, Espírito Santo, SNEF – 2009.

9. ANEXOS

Aulas sobre nanociência e nanotecnologia.



Apresentação da Culminância.



Aulas sobre nanociência e nanotecnologia e apresentação da Culminância

