



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE
CENTRO DE FORMAÇÃO DE PROFESSORES
UNIDADE ACADÊMICA DE CIÊNCIAS EXATAS E DA NATUREZA
CURSO DE LICENCIATURA PLENA EM FÍSICA**

GUILHERME ANGELO MOREIRA BERNARDO

**A CIÊNCIA DO SURPREENDENTEMENTE PEQUENO: UMA SEQUÊNCIA
DIDÁTICA PARA A NANOCIÊNCIA E NANOTECNOLOGIA NO ENSINO MÉDIO**

Cajazeiras – PB
2019

GUILHERME ANGELO MOREIRA BERNARDO

**A CIÊNCIA DO SURPREENDENTEMENTE PEQUENO: UMA SEQUÊNCIA
DIDÁTICA PARA A NANOCIÊNCIA E NANOTECNOLOGIA NO ENSINO MÉDIO**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Licenciatura em Física, do Centro de Formação de Professores (CFP), da Universidade Federal de Campina Grande (UFCG), como requisito parcial para obtenção do título de Licenciado em Física, sob orientação da Profa. Dra. Mirleide Dantas Lopes.

Dados Internacionais de Catalogação-na-Publicação - (CIP)
Josivan Coêlho dos Santos Vasconcelos - Bibliotecário CRB/15-764
Cajazeiras - Paraíba

B523c Bernardo, Guilherme Angelo Moreira.
A ciência do surpreendentemente pequeno: uma sequência didática
para a nanociência e nanotecnologia no ensino médio / Guilherme Angelo
Moreira Bernardo. - Cajazeiras, 2019.
111f.: il.
Bibliografia.

Orientadora: Profa. Dra. Mirleide Dantas Lopes.
Monografia (Licenciatura em Física) UFCG/CFP, 2019.

1. Alfabetização científica. 2. Nanociência. 3. Nanotecnologia. 4.
Ciências - ensino. 5. Física. I. Lopes, Mirleide Dantas. II. Universidade
Federal de Campina Grande. III. Centro de Formação de Professores. IV.
Título.

UFCG/CFP/BS

CDU - 501:37

GUILHERME ANGELO MOREIRA BERNARDO

**A CIÊNCIA DO SURPREENDENTEMENTE PEQUENO: UMA SEQUÊNCIA
DIDÁTICA PARA A NANOCIÊNCIA E NANOTECNOLOGIA NO ENSINO MÉDIO**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Licenciatura em Física, do Centro de Formação de Professores (CFP), da Universidade Federal de Campina Grande (UFCG), como requisito parcial para obtenção do título de Licenciado em Física, sob orientação da Profa. Dra. Mirleide Dantas Lopes.

BANCA EXAMINADORA

Mirleide Dantas Lopes

Profa. Dra. Mirleide Dantas Lopes (UFCG/CFP/CZ)
Orientadora

Sérgio André Fontes Azevedo

Prof. Dr. Sérgio André Fontes Azevedo (UFPB/CCEN/DFIS)
Membro Externo

Diego Marcell Rocha

Prof. Dr. Diego Marcell Rocha (UFCG/CFP/CZ)
Membro Interno

Data da defesa: 13 de Novembro de 2019

Conceito da defesa: 9,8

Cajazeiras – PB
2019

A minha Família, meu porto seguro de todas as horas.

Aos meus amigos e amigas, que sempre me apoiaram nesta caminhada.

Aos meus professores e professoras, verdadeiros mestres, que tanto me inspiraram com seus ensinamentos.

Dedico

AGRADECIMENTOS

A Deus, essa força invisível, por sempre me guiar pelos melhores caminhos e por me conceder discernimento e paciência nas minhas decisões. Por me proporcionar a oportunidade de conhecer pessoas tão maravilhosas durante todo este curso, que tanto me ajudaram, ensinaram e inspiraram as mais diversas interpretações sobre o Mundo, a Natureza e a Ciência.

Agradeço a minha Família, minha base, meu porto seguro de todas as horas. Agradeço infinitamente aos meus pais, Cícera Maria e Francisco de Assis. Por acreditarem e investirem tanto em mim durante toda minha formação até aqui. Por me darem os maiores exemplos de educação, humildade, honestidade e persistência. Estes dois guerreiros, dois agricultores do interior do Ceará, que mesmo não tendo nenhuma titulação acadêmica, me ensinam muito, principalmente sobre a vida. Muito obrigado por tudo.

A minha irmã Daniella Maria, minha primeira aluna, por todos os momentos, bons e ruins, que compartilhamos juntos, desde minha vinda para à Paraíba até hoje, por sempre me dizer “mas vai dar certo!”.

Agradeço aos meus avós, maternos, Francisca Ana (Vó Chiquinha) e Januário Moreira (*in memoriam*), e paternos Maria Alves (Vó Neci) e Luiz Bernardo. Pessoas de fibra e coragem, que nunca esmoreceram diante das dificuldades. Vó Chiquinha e Vó Neci são minhas grandes inspirações, exemplos de integridade e fé, mulheres batalhadoras que sempre me apoiaram e incentivaram nos estudos, meus maiores exemplos de resistência nas adversidades.

Agradeço também aos meus tios, em especial a Tia Graça, Tia Lú, Tio Edim, Tio Nando, Tio Vanderson, Tio Wilson (*in memoriam*), Tio Damião, Tia Cosma, Tia Zefinha, Tia Francisca, Tio João, Tia Terezinha, Tia Evanir, Tio Cícero Alves, Tio Nivaldo, Tia Magda, Tio Dé e Tio Carlos que me acompanharam mais de perto nesta caminhada. Agradeço ainda aos meus amigos de longa data, Allan Fernandes, Aparecida Ferreira, Demontie e Elizabete Figueiredo, Lucas Jardel, Ana Cristina, Yasmim, Victor Hugo, Luiz Felipe, Cândida, Claudia, Edlania, Eudilânia, Eudilene, Ângela, José Eduardo, Rafaela, Nazaré e Cícera Maria, Rhaniedson, Luiza Maria, Maria Coelho, Jucicleide, Sheyla, Maria Iraci, Camila, Lúcia e Milena, Wellington, Aélida, Wanesca, Roberto (Betim), Alexandre e Edileusa Moreira, Matheus, Marlon, Mirian, Luciana, Marcos, Madrinha Diva, Tica e Padrinho Dedé, Padrinho Toinho e Madrinha Narcizia por todo apoio até aqui. Muito obrigado a todos.

Agradeço a meus grandes amigos Glauco Mayke e Maria Estela, sem eles eu não teria iniciado o curso de Física na UEPB de Patos em 2014 e não estaria, muito provavelmente, apresentando este TCC. Agradeço ainda a Dona Edilene Angelita, ao Prof. Dr. Odilon Avelino, a José Guedes, ao Prof. Neneca Tavares, a Cyla Araújo e a Janilda Rodrigues por me ajudarem muito neste começo de curso e sempre me motivarem a continuar lutando.

Agradeço aos meus antigos colegas de apartamento e do curso de Física da UEPB, campus de Patos – PB: Diego Cássio, Aline Cavalcante, Glaciene Silva, Claudilene Gomes, Gilberto Ponciano, Anne Forte, Carminha Nunes, Otávio Neto, Joyce Vital, Lidiane Almeida e Deyvid Geovany, muitos dos quais tornaram-se quase irmãos, obrigado por dividirem comigo uma das fases mais especiais deste curso.

Meu agradecimento especial aos meus eternos e inesquecíveis professores da Educação Básica, amigos de longa data, especialmente a Madrinha Lindalva, Graça Sousa, Graça Oliveira, Antônio Juviniانو (Tonheta), Alcimemy Luna, Fernanda Brasil, José Cavalcante, Aparecida de Fátima, Joceilma Sales, Vânia Martins, Ivanice Luna, Sanderley Coelho, Carmem Lúcia, Gilmara Faustino, Vera Lúcia, João Neto (Joãozinho), Vilmar Gomes, Kátia Fernandes, Eliany, Eralayne e Herlanilson Figueiredo, John Charles, Vicente Neto, Robson Rodrigues, Ana Aquino, Jamario Figueiredo, Silvana Mendes, Marizete Pereira, Lílian Andrade, Anchieta Mariano, Lourdinha (Dinda) e Laís Camilo, vocês foram e sempre serão minhas referências de profissionalismo, lembrar de cada um é reviver momentos de muita felicidade e aprendizado.

Agradeço aos meus professores da UFCG de Cajazeiras – PB, especialmente a Mirleide Dantas, Stella Márcia, Heydson Henrique, Douglas Fregolente, João Maria, Gustavo de Alencar, Jaene Guimarães, Diego Marcelli, Anderson Alves, Albaneide Wanderley e Aloysio Rodrigues muito obrigado por me ensinarem mais do que teorias e postulados, me ensinaram o verdadeiro sentido de ser docente.

Profa. Dra. Mirleide, minha orientadora de todas as horas, obrigado por depositar tamanha confiança em mim desde as primeiras orientações, quando chegastes ao CFP em 2016, até hoje. Nesta caminhada, cursamos dez disciplinas, participamos de três vigências consecutivas do PIBIC (2016-2017; 2017-2018; 2018-2019) e atuamos em uma vigência do programa de monitoria. Foram quase quatro anos de muita produtividade e aprendizado. Agradeço cada momento de orientação que tivemos e cada puxão de orelha que levei. Aprendi que existem pessoas que não esquecemos nunca, e com certeza Mirleide é uma dessas pessoas, pelo exemplo de profissionalismo e competência no que se propõe a fazer. Muito obrigado por tudo.

Agradeço ainda ao Prof. Dr. Sérgio Azevedo por aceitar compor a banca examinadora deste TCC, e pelas contribuições, juntamente com o Grupo de Estrutura Eletrônica de Nanomateriais (UFPB/CCEN/DFIS), durante a realização das pesquisas no PIBIC.

Agradeço imensamente ao meu querido quinteto favorito, meus amigos sobreviventes da turma 2015.1, irmãos que a Física me deu: Ana Karla, George Dias, Graziela Ribeiro, Jefferson Santana e Jucilane Santos. Sem vocês os dias não seriam tão coloridos como são. Agradeço por cada palavra, gesto de carinho e companheirismo. Vocês sempre terão um lugar especial no meu coração. Amigos dos Cálculos e Tesouras.

Agradeço a minhas amigas, guerreiras da turma concluinte 2019.2, Jessica Araújo, Josefa Ramalho (Jho), Magna Abrantes e Yolanda Dias. Vocês são exemplos de perseverança, força e dedicação. Obrigado por cada momento que compartilhamos durante o curso.

Agradeço aos meus supervisores de estágio, Janicarla Lins, Jair Dias, Wendel Pires e Flávio Moura, por tudo que me ensinaram durante este período. Ao Sr. Flávio um agradecimento especial, por ter colaborado durante a realização desta pesquisa disponibilizando suas aulas e seu tempo. Agradeço ainda a equipe gestora e a coordenação pedagógica da Escola Estadual de Ensino Fundamental e Médio Monsenhor Constantino Vieira, por também terem contribuído com a realização da pesquisa. Muito obrigado.

Agradeço aos meus amigos da UFCG/CFP, pessoas que ficarão por muito tempo na minha memória, pelo companheirismo e por todas as palavras e gestos de apoio. Agradeço especialmente a Ailmo Xavier (*in memoriam*), Alessandra Araújo, Ayane Abreu, Bruna Sá, Cássia Nayana, Célia Lucena, Cleiton Souto, Damião Alves, Diego Aldama, Dona Leide, Eliane Lins, Emanuel Sousa, Gean Dias, Hianne Maravilha, Izalfran Amaro, Jazon Heberthy, Jeferson Marques, João Paulo Lima, João Paulo Silvestre, Jucicleide Marcelino, Lúcia (Biblioteca), Lukas Cavalcante, Maiza Ribeiro, Manoel Vernek, Marceliano Araújo, Marcelo Bento, Maria de Fátima, Maria Izabel, Mateus Vieira, Odinei Brasil, Olinto Dantas, Patrícia Vieira, Paula Albuquerque, Paulo Kleber, Pedro Clay, Sr. Benedito, Renato Ramalho, Rheyo Richard, Rosa das Neves, Suany Marina, Thatyane Nunes, Vanessa (Coordenação de Física), Vanessa Araújo, Vânia Fernandes, Walber Vieira, Whandson Silva e Walisson Arruda.

Por fim, agradeço ao Centro de Formação de Professores, por ser minha segunda casa durante a realização deste curso, a Coordenação de Apoio Estudantil nas pessoas de Sueli Albano e Grazielle Almeida, a Unidade Acadêmica de Ciências Exatas e da Natureza e a Coordenação do Curso de Licenciatura em Física.

Muito obrigado!

*“O maior inimigo do conhecimento não é a
ignorância, é a ilusão de conhecimento”.*

Stephen Hawking

RESUMO

O desenvolvimento científico e tecnológico que experimentamos atualmente é fruto de um longo processo de construção do conhecimento, um caminho repleto de rupturas. Estas descontinuidades favorecem o diálogo na busca por novas interpretações dos fenômenos naturais. Em meio a tais inovações, destacamos os estudos em Nanociência e Nanotecnologia, que, assim como a máquina a vapor e a eletricidade, anunciam uma nova revolução nos meios de produção tecnológica que conhecemos. Esta área dedica-se à investigação e compreensão dos fenômenos que acontecem na dimensão de arranjos atômicos e moleculares, principalmente, com foco em aplicações tecnológicas. Questões relacionadas ao progresso científico contemporâneo devem permear a elaboração dos currículos em Física para a Educação Básica, no entanto, assuntos pautados em, por exemplo, Nanociência e Nanotecnologia, ainda estão à margem da maioria das propostas de ensino, este episódio incide diretamente na formação crítica dos discentes sobre a cultura científica atual. Com intuito de superarmos as dificuldades apresentadas, nesta pesquisa, desenvolvemos e aplicamos uma sequência didática de caráter introdutório, visando abordar a Nanociência e a Nanotecnologia em uma turma do 3º ano do Ensino Médio, de uma escola da rede estadual de ensino, do município de Cajazeiras – PB. Antes e depois do trabalho com a sequência didática em sala de aula, aplicamos um questionário com sete interrogativas sobre dados pessoais dos estudantes e cinco perguntas abertas sobre o universo da Nanociência e Nanotecnologia, assim teríamos dados suficientes para fazermos uma análise comparativa das concepções dos discentes nestes dois momentos. Para a apreciação das respostas, utilizamos a análise de conteúdo, a partir da qual configuramos categorias de análise para cada pergunta e relacionamos cada uma das respostas a suas respectivas frequências amostral e relativa. Durante o desenvolvimento e posteriormente a aplicação da sequência didática, atentamo-nos à seleção de atividades que fossem relevantes para a discussão, do mesmo modo, preocupamo-nos em escolher propostas que não depreendessem demasiado custo e tempo. Durante a aplicação da sequência não encontramos muitas dificuldades, assim como, percebemos que os discentes mostravam-se motivados e envolviam-se na realização de cada atividade. A partir da reflexão sobre os resultados, observamos uma mudança nas concepções dos discentes quando comparamos a primeira e a segunda aplicação do questionário, todavia, depois da sequência, ainda foi possível encontrarmos concepções que não condiziam com os enunciados dos questionamentos. Para tanto, consideramos que a metodologia apresentada foi suficiente para trabalharmos conceitos introdutórios relacionados à Nanociência e Nanotecnologia no ensino médio. Além disso, apeteçemos que esta proposta sirva de base para novas ações em nanoeducação, vislumbrando sua ampliação para outras séries da Educação Básica, desde o trabalho com as unidades de medidas no ensino fundamental ao estudo da Física Moderna e Contemporânea no ensino médio. Assim, estaremos proporcionando diálogos importantes para promovermos a Alfabetização Científica.

Palavras-chave: Alfabetização Científica. Nanociência e Nanotecnologia. Sequência Didática.

ABSTRACT

The scientific and technological development we are currently experiencing is the result of a long process of knowledge construction, a path full of ruptures. These discontinuities favor dialogue in the search for new interpretations of natural phenomena. In the midst of these innovations, we highlight the studies in Nanoscience and Nanotechnology which like the steam machine and electricity announce a new revolution in the means of technological production we know. This area, is dedicated to the investigation and understanding of the phenomena that occur in the dimension of atomic and molecular arrangements, mainly focusing on technological applications. Issues related to contemporary scientific progress should permeate the elaboration of curricula in Physics for Basic Education, however subjects based on, for example, Nanoscience and Nanotechnology, are still on the margins of most teaching proposals, this episode focuses directly on the critical formation of students about the current scientific culture. In order to overcome the difficulties presented in this research, we developed and applied an introductory didactic sequence, aiming to address the Nanoscience and Nanotechnology in a class 3rd year high school, of a state school, in the city of Cajazeiras - PB. Before and after working with the classroom didactic sequence, we applied a questionnaire with seven questions about students personal data and five open questions about the universe of Nanoscience and Nanotechnology, so we would have enough data to make a comparative analysis of students conceptions in these two moments. For the analysis of the answers, we use content analysis, from which we configure analysis categories for each question and relate each of the answers to their respective sample and relative frequencies. During the development and subsequent application of the didactic sequence, we pay attention to the selection of activities that are relevant to the discussion and we are concerned with choosing proposals that do not involve too much cost and time. During the application of the sequence we did not encounter many difficulties, as well as we realized that the students were motivated and involved in performing each activity. From the reflection on the results, we observed a change in the students conceptions when comparing the first and the second application of the questionnaire, however after the sequence, it was still possible to find conceptions that did not match the statements of the questions. Therefore, we consider that the methodology presented was sufficient to work introductory concepts related to Nanoscience and Nanotechnology in high school. In addition, we hope that this proposal will serve as a basis for new actions in nanoeducation, envisaging its expansion to other series of Basic Education, from working with units of measurement in elementary school to the study of Modern and Contemporary Physics in high school. Thus, we will be providing important dialogues to promote Scientific Literacy.

Keywords: Scientific Literacy. Nanoscience and Nanotechnology. Didactic Sequence.

LISTA DE TABELAS

Tabela 1- Evolução do nº de artigos de pesquisadores brasileiros em nanociência e nanotecnologia: 2005-2008.	29
Tabela 2 - Dados obtidos pelas equipes para o experimento da aula 4.	71
Tabela 3 - Respostas para a primeira pergunta: “Se a pergunta feita pelo passageiro do meio no último quadrinho ‘Mas... o que é essa tal de nanotecnologia?’ fosse direcionada para você, o que você responderia?	75
Tabela 4 - Respostas para a segunda pergunta: “Imagine a seguinte situação, uma pessoa pega dois baldes com água, em um deles adiciona sabão em pó e mexe até que todo o sabão seja dissolvido, no outro balde adiciona a mesma quantidade de sabão, porém utiliza sabão em barra, e repete o mesmo processo. O que é observado se compararmos os dois processos? Justifique sua resposta.”	76
Tabela 5 - Respostas para a terceira pergunta: ‘Faça um risco com seu lápis grafite. Você acha que seria possível medir a espessura do traço desenhado? De que maneira?’	78
Tabela 6 - Respostas para a quarta pergunta: “Você acha possível observar átomos e/ou moléculas? De que maneira?”	79
Tabela 7 - Respostas para quinta pergunta: “O diamante é uma pedra preciosa de alto valor comercial. O grafite, por sua vez, é um material de baixo custo utilizado inclusive em lápis. Existe algo em comum entre esses materiais? Justifique sua resposta.”	80

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Cálice de Licurgo fabricado aproximadamente no século IV D.C.	30
Figura 2 - Nanomateriais formados exclusivamente por átomos de carbono. a) Plano de Grafeno; b) Fulereo C_{60}	31
Figura 3 - Nanotubos de carbono. a) Nanotubo de Paredes Simples; b) Nanotubos de Paredes Duplas.	32
Figura 4 - Esquematização da obtenção de um nanotubo a partir de uma folha de grafeno.	33
Figura 5 - Nanocone de carbono com saturação de hidrogênio nas pontas. Em cinza átomos de carbono e em branco átomos de hidrogênio. a) visão frontal; b) visão lateral.	34
Figura 6 - Nanomateriais formados por h-BN. Em rosa átomos de boro, em branco átomos de hidrogênio e em azul átomos de nitrogênio. a) Plano de h-BN; b) Fulereo de BN; c) Nanocone de h-BN com junção N-N; d) Nanotubo de h-BN de paredes simples; e) Nanotubos de h-BN.	34
Figura 7 - Nanotubos Mistos. a) Nanotubo de carbono dentro de nanotubo de h-BN; b) Nanotubo de h-BN dentro de nanotubo de carbono.	35
Figura 8 - Filme de animação intitulado "Uma viagem fantástica para Nana e Nono", publicado pelo Programa de Educação em Nanotecnologia, Ministério da Educação de Taiwan.	40
Figura 9 - Esquema do traço de grafite no papel.	55
Figura 10 - Escola Técnica do Comércio Monsenhor Constantino Vieira, anos 50.	61
Figura 11 - Escola Estadual de Ensino Fundamental e Médio Monsenhor Constantino Vieira.	63
Figura 12 - Faixa etária dos participantes da pesquisa.	65
Figura 13 - Dados sobre reprovação dos participantes da pesquisa durante o ensino médio...	67
Figura 14 - Aula 1: <i>O caminho de cima para baixo</i> . Alunos fazendo a medida da espessura de uma folha de papel. a) Equipe que usou o paquímetro; b) Equipe que usou o micrômetro.	68

LISTA DE FIGURAS

Figura 15 - Aula 2: <i>A miniaturização e os efeitos do surpreendentemente pequeno.</i> a) Aluno segurando um disquete; b) Aluno segurando uma fita cassete; c) Alunos observando a vitrola/toca discos.	69
Figura 16 - Aula 3: <i>Materiais iguais, fenômenos diferentes.</i> a) Experimento 1; b) Experimento 2; c) Experimento 3; d) Experimento 4.	70
Figura 17 - Aula 4: <i>O nano na ponta do lápis: Grafeno o pequeno notável.</i> a) aferição da resistência elétrica do traço de grafite; b) aferição da temperatura do traço de grafite.	71
Figura 18 - Aula 4: <i>Fazendo macro “nanoestruturas”.</i> a) Aluno recortando modelo para confecção de nanotubo; b) Aluna montando o fulereno C ₆₀ ; c) Alunos montando nanotubo do tipo <i>armchair</i> ; d) Fulereño C ₆₀ e nanotubos de carbono confeccionados por uma das equipes.	72

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Pequena cronologia da nanotecnologia.	27
Quadro 2 - Sequência didática utilizada na pesquisa.	52

LISTA DE APÊNDICES

Apêndice A - Questionário	92
Apêndice B - Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE)	95
Apêndice C - Termo de Assentimento Livre e Esclarecido (TALE)	97
Apêndice D - Imagens utilizadas na Aula 2	99
Apêndice E - Procedimento experimental utilizado na Aula 4	101
Apêndice F - Modelo de Fulereo C ₆₀ utilizado na Aula 5	102
Apêndice G - Modelo de Nanotubos utilizados na Aula 5	103

LISTA DE ANEXOS

Anexo A - Termo de Anuência.....	106
Anexo B - Termo de compromisso dos pesquisadores	107
Anexo C - Termo de compromisso de divulgação dos resultados	108
Anexo D - Parecer Consubstanciado do CEP.....	109

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABDI – Agência Brasileira de Desenvolvimento Industrial

AC – Alfabetização Científica

APL – Academia Paraibana de Letras

APS – Sociedade Americana de Física

CALTECH – Instituto de Tecnologia da Califórnia

CAPES – Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior

CBEF – Caderno Brasileiro de Ensino de Física

CCEN – Centro de Ciências Exatas e da Natureza

CD – Compact Disc

CEFET – Centro Federal de Educação Tecnológica

CEP – Comitê de Ética em Pesquisas com Seres Humanos

CFP – Centro de Formação de Professores

CNPq – Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico

CNS – Conselho Nacional de Saúde

CZ – Cajazeiras

D.C. – Depois de Cristo

DCNEB – Diretrizes Curriculares Nacionais da Educação Básica

DFIS – Departamento de Física

Dr – Doutor

Dra – Doutora

EJA – Educação de Jovens e Adultos

ENEM – Exame Nacional do Ensino Médio

Eq – Equação

FA – Frequência Amostral

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

FR – Frequência Relativa

FMC – Física Moderna e Contemporânea

FPI - Fundação Padre Ibiapina

GPS – Global positioning system

h-BN – Nitreto de Boro Hexagonal

IBM – International Business Machines Corporation

IDEB – Índice de Desenvolvimento da Educação Básica

IFPB – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia da Paraíba

IHGP – Instituto Histórico e Geográfico Paraibano

LDB – Lei de Diretrizes e Bases da Educação

LIBRAS – Língua Brasileira de Sinais

N&N – Nanociência e Nanotecnologia

NCMP – Nanotubos de Carbono de Paredes Múltiplas

NCPS – Nanotubos de Carbono de Parede Simples

PB – Paraíba

PCNEM – Parâmetros Curriculares Nacionais para o Ensino Médio

PIBIC – Programa Institucional de Bolsas de Iniciação Científica

PPP – Projeto Político Pedagógico

Prof – Professor

Profa – Professora

RBEF – Revista Brasileira de Ensino de Física

SBF – Sociedade Brasileira de Física

SD – Sequência Didática

SisNANO – Sistema Nacional de Laboratórios em Nanotecnologia

TALE – Termo de Assentimento Livre e Esclarecido

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

TCLE – Termo de Consentimento Livre e Esclarecido

UEPB- Universidade Estadual da Paraíba

UFCG – Universidade Federal de Campina Grande

UFPB – Universidade Federal da Paraíba

UFSC – Universidade Federal de Santa Catarina

ZDP – Zonas de Desenvolvimento Proximal

LISTA DE SÍMBOLOS

% – Por Cento

≠ – Diferente

= – Igual

°C – Graus Celsius

Å – Angstrom

C₆₀ – Fulereno

cm – Centímetro

h – Hora

m – Metro

min – Minuto

mm – Milímetro

n° – Número

nm – Nanômetro

µm – micrômetro

ρ – Rô

Ω – Ômega

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	23
2	NANOCIÊNCIA E NANOTECNOLOGIA: UMA CAMINHADA AO INFINITESIMAL.....	26
2.1	Nanomateriais.....	30
2.2	Ensino de Física e a abordagem da Nanociência e da Nanotecnologia na Educação Básica	36
3	SEQUÊNCIA DIDÁTICA NA PERSPECTIVA DA ALFABETIZAÇÃO CIENTÍFICA	42
3.1	Sequência Didática	42
3.2	Alfabetização Científica	44
4	PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS	47
4.1	Desdobramentos da pesquisa.....	47
4.2	Caracterização da pesquisa.....	48
4.3	Questionário utilizado	50
4.4	A Sequência Didática utilizada	52
4.5	Métodos para análise dos dados	59
4.6	Lugar de aplicação da pesquisa	61
5	RESULTADOS E DISCUSSÕES	65
5.1	Caracterização da turma	65
5.2	Considerações sobre a aplicação da sequência didática	68
5.3	Análise dos questionários	74
6	CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	82
	REFERÊNCIAS	84
	APÊNDICES.....	92
	ANEXOS	106

1. INTRODUÇÃO

Imaginemos que estamos embarcando em uma viagem na qual o ponto de partida tenha dimensões macroscópicas, visíveis a olho nu. A partir desta conjectura embarcaremos em jornada rumo a escalas cada vez menores, até o nanomundo, como se estivéssemos sendo miniaturizados¹.

Nossa primeira parada é na microescala, estimada entre 1 e 100 micrômetros ($1\mu\text{m} = 10^{-6}\text{m}$, um milionésimo de metro). Nesta escala teríamos dimensões equivalentes ao tamanho de uma bactéria ou de um grão de pólen, os nossos olhos, caso ainda estivéssemos do mesmo tamanho do início da viagem, não seriam capazes de enxergar sem o auxílio de instrumentos, como o microscópio óptico.

Indo um pouco mais adiante chegaremos ao nosso destino, a nanoescala, com dimensões compreendidas entre 1 e 100 nanômetros ($1\text{nm} = 10^{-9}\text{m}$, um bilionésimo de metro). Nesta parada podemos perceber, por exemplo, um letreiro de boas vindas escrito com átomos individuais², carros³ e casas⁴ de dimensões nanométricas e até mesmo poderíamos assistir a filmes de nanoanimação⁵. Novamente, se estivéssemos em nosso tamanho real, não conseguiríamos observar estas estruturas, nem mesmo com auxílio de um microscópio óptico, pois este dispositivo utiliza como mecanismo para visualização a faixa do espectro eletromagnético referente ao comprimento de onda da luz visível, da ordem de 400 a 750 nanômetros. Com dimensões nano seríamos praticamente invisíveis. Para além deste desembarque, encontraríamos mais adiante a escala das dimensões atômicas, da ordem de 1 angstrom ($1\text{Å} = 10^{-10}\text{m}$).

Esta viagem nos revelou um universo novo e surpreendentemente pequeno⁶, neste ambiente os fenômenos que outrora eram observados no mundo macroscópico ganham outras nuances. A própria Física recebe novas interpretações, a exemplo da mecânica quântica, para conseguir lidar com os fenômenos emergentes desta escala. Quando nos hospedamos na

¹ Uma analogia ao filme Viagem Fantástica (1966), produzido pela 20th Century Fox.

² Isso é possível com um tipo de escrita átomo a átomo feita com microscópio eletrônico (JOACHIM & PLÉVERT, 2009).

³ Joachim e Rapenne, 2013.

⁴ Rauch et al., 2018.

⁵ Referência ao curta-metragem “A Boy and his Atom” produzido pelo IBM em 2013.

⁶ Referência a palestra de Richard Feynman “*There is plenty of Room at the Bottom*”.

nanoescala, percebemos que as cores, as formas, as propriedades mecânicas, térmicas e elétricas dos materiais também são diferentes das convencionais.

Compreender os fenômenos e as interações que ocorrem nesta escala e assim produzir novos materiais nanoestruturados é o desafio posto aos estudos em Nanociência e Nanotecnologia (N&N). Quando produzimos materiais de baixo para cima⁷, ou seja, da nanoescala para a macroescala, estamos mudando radicalmente os métodos de produção tecnológica que conhecemos, assim teremos como resultado novos materiais, com um leque muito maior em aplicabilidade.

Por ser uma área essencialmente interdisciplinar, a N&N apresenta-se como um novo modo de vislumbrarmos a tecnologia e o conhecimento científico. A ascensão nas pesquisas em N&N, nas mais diversas áreas do saber, trarão inúmeras inovações, tanto para a comunidade científica, quanto para a sociedade de modo geral. Perceber como estas inovações se desenvolvem e quais são os possíveis impactos no nosso cotidiano é fundamental para que possamos desenvolver um senso crítico sobre as questões que envolvem o progresso científico atual. Uma missão desafiadora e ao mesmo tempo instigante para a Alfabetização Científica (AC).

Os resultados das pesquisas em N&N estão presentes no nosso cotidiano, desde a miniaturização dos componentes existentes nos mais variados dispositivos eletrônicos, até o desenvolvimento de cosméticos. Por impactar diretamente nossas vidas e o modo como nos relacionamos com os adventos tecnológicos, é fundamental que os currículos da Educação Básica integrem ao seu arcabouço discussões relacionadas a esta área, assim, estaremos trabalhando com temas contemporâneos do desenvolvimento científico e tecnológico e, ao mesmo tempo, contribuindo com a formação crítica dos discentes via enculturação científica.

Reflexões como estas suscitam a inquietação de *como abordar à N&N na Educação Básica em aulas de Física?*. Um dos maiores desafios para que isto aconteça está relacionado diretamente à escolha de uma metodologia que seja interessante e eficaz para alcançar os objetivos didáticos, tendo em vista que a Física na Educação Básica é muitas vezes apresentada de forma desconexa da realidade e/ou demasiadamente vinculada à utilização de fórmulas matemáticas e exercícios de fixação. Muitas vezes este tipo de metodologia deixa à margem a contextualização dos fenômenos, provocando desinteresse nos estudantes que não conseguem associar o que é trabalhado em sala de aula ao que é observado no mundo vivencial.

⁷ “A vereda de baixo para cima (bottom-up)” (SCHULZ, 2005, p.61).

Na tentativa de respondermos a esta indagação, nesta pesquisa desenvolvemos uma metodologia que julgamos suficientemente viável para abordarmos temas relacionados à N&N, com caráter introdutório, na Educação Básica. Inicialmente delimitamos qual etapa da Educação Básica seria mais conveniente. Para isto escolhemos o terceiro ano do ensino médio, pois consideramos que os discentes teriam maior aporte teórico para as discussões, assim como, dispunham de maior autonomia e maturidade para a realização das atividades.

Para tanto, desenvolvemos e aplicamos uma sequência didática (SD), um conjunto de cinco aulas com duração média de quarenta minutos, que traziam em seu escopo discussões teóricas e atividades experimentais, que se alinhavam diretamente ao universo conceitual da N&N. No início e no fim do trabalho com a SD em sala de aula, aplicamos um questionário com cinco questões que versavam sobre pontos importantes sobre a N&N, assim saberíamos as concepções alternativas dos participantes quanto à temática e teríamos um parâmetro comparativo do andamento das atividades.

Nossas hipóteses, a priori, eram de que teríamos elementos suficientes para caracterizar os conhecimentos prévios dos discentes quanto às temáticas da N&N. Posteriormente, apeteceamos que a SD utilizada fosse instrumento promotor de discussões relevantes sobre a temática, servindo de base para a elaboração de outras propostas de intervenção sobre à N&N na Educação Básica, bem como para o fortalecimento das pesquisas em metodologias para o ensino de Física, inclusive por se tratar da primeira atividade em nanoeducação⁸ de que se tem registro no Alto Sertão Paraibano⁹. Além do mais, esperamos contribuir com a formação de cidadãos mais atentos às inovações de caráter científico e assim instigar a curiosidade e a reflexão sobre o mundo vivencial, via cultura científica, sob a ótica do surpreendentemente pequeno.

⁸ Chang (2006).

⁹ Território Paraibano que compreende os municípios de Bernardino Batista, Bom Jesus, Bonito de Santa Fé, Cachoeira dos Índios, Cajazeiras, Carrapateira, Monte Horebe, Poço Dantas, Poço Dantas, Poço de José de Moura, Santa Helena, Santarém, São João do Rio do Peixe, São José de Piranhas, Triunfo e Uiraúna. Fonte: <http://www.mda.gov.br/sitemda/sites/sitemda/files/ceazinepdf/Para%C3%ADBa%20-%20PB.pdf>.

2. NANOCIÊNCIA E NANOTECNOLOGIA: UMA CAMINHADA AO INFINITESIMAL

Quando refletimos sobre o estágio atual de desenvolvimento em ciência e tecnologia percebemos que existiram muitas rupturas e descontinuidades até aqui. Neste caminho, nos deparamos com inúmeros personagens, inventos e ideias, que mudaram completamente nossa forma de compreender o mundo e de como nos relacionamos com a natureza a partir da ciência.

Estes avanços são guiados pelo crescimento acelerado dos processos de miniaturização dos sistemas, nos quais as tecnologias devem ser cada vez mais ágeis e menores, uma relação inversa entre a eficiência e o espaço físico ocupado, sempre com o intuito de atender as necessidades emergentes do mundo globalizado e efêmero em que vivemos (JOACHIM & PLÉVERT, 2009). Nesse processo, deparamo-nos com um universo novo e “surpreendentemente pequeno” (FEYNMAN, 1959). É a partir destas inquietações que se desenvolvem a N&N.

De natureza essencialmente interdisciplinar, a Nanociência é entendida como a área de conhecimento que busca a compreensão dos fenômenos que ocorrem na dimensão de arranjos atômicos e moleculares, desde que compreendidos entre 1 e 100 nanômetros ($1 \text{ nm} = 10^{-9} \text{ m}$) (LIMA & ALMEIDA, 2012). Estes arranjos nanométricos são denominados de nanomateriais. De modo complementar, a Nanotecnologia é a manipulação destes nanomateriais tendo em vista aplicações tecnológicas (ALVES, 2004).

A N&N tem se consolidado, ao lado da máquina a vapor e da eletricidade, como uma revolução contemporânea nos meios de produção do conhecimento científico e tecnológico (HETT, 2004). Desde que saímos da fabricação dos grandes relógios de corda das catedrais na Idade Média a relógios atômicos utilizados em satélites de navegação por GPS, muita coisa mudou na forma como vemos e produzimos novos materiais e equipamentos (SCHULZ, 2005).

Com o aprimoramento dos métodos de observação, como a criação do microscópio eletrônico de tunelamento por Gerd Binnig e Heinrich Rohrer em 1981 e o desenvolvimento de inúmeros estudos teóricos, as atenções voltaram-se para o universo nano e a análise de suas propriedades (BASSALO, 2011; ALVES, 2004). Desde então, a comunidade científica mundial, das mais diversas áreas do conhecimento, tem se dedicado a compreender, caracterizar e buscar diferentes aplicações para essas nanoestruturas.

Se fosse possível traçar uma linha do tempo para a N&N perceberíamos que existem muitas contradições na literatura, além de muitos personagens que poderiam ficar à margem da discussão (JOACHIM & PLÉVERT, 2009). No entanto, Alves (2004) estabelece uma pequena cronologia para o desenvolvimento em N&N (Quadro 1).

Quadro 1 - Pequena cronologia da nanotecnologia.

1959	Conferência de Richard Feynman, na Reunião da Sociedade Americana de Física.
1966	Viagem Fantástica (<i>Fantastic Voyage</i>), filme baseado no livro de Isaac Asimov.
1974	Norio Taniguchi cunha o termo nanotecnologia.
1981	Trabalho de Gerd Binnig e Heinrich Rohrer, criadores do microscópio eletrônico de tunelamento (<i>scanning tunneling microscope</i>).
1985	Descoberta dos fulerenos, por Robert Curl, Harold Kroto e Richard Smalley.
1986	Publicação do livro de Eric Drexler, " <i>Engines of Creation</i> ".
1989	Donald Eigler escreve o nome IBM com átomos de xenônio individuais.
1991	Descoberta dos nanotubos de carbono, por Sumio Iijima, no Japão.
2000	Administração Clinton lança no California Institute of Technology, a <i>National Nanotechnology Initiative</i> .
2001	Cees Dekker, biofísico holandês, demonstrou que os nanotubos poderiam ser usados como transistores ou outros dispositivos eletrônicos.
2001	Equipe da IBM (EUA) constrói rede de transistores usando nanotubos, mostrando mais tarde o primeiro circuito lógico à base de nanotubos.
2002	Chad Mirkin, químico da Northwestern University (EUA), desenvolve plataforma, baseada em nanopartículas, para detecção de doenças contagiosas.

Fonte: Adaptado de Alves (2004, p. 24).

Além destes fatos destacados por Alves (2004) muitos outros sucederam. Acrescentaríamos ao quadro a sintetização dos nanocones de carbono, do grafeno, dos nanotubos, nanocamada e nanocones de Nitreto de Boro Hexagonal (h-BN), além dos nanotubos mistos de carbono e h-BN, descritos posteriormente (NAKANISHI et al., 2013; ARENAL & LOPEZ-BEZANILLA, 2014; NOVOSELOV et al., 2004; HAN et al., 1998; RUBIO et al., 1994; IIJIMA et al., 1992; IIJIMA, 1991). Estes materiais estão entre os mais investigados na literatura atualmente por possuírem propriedades interessantes do ponto de vista físico (BERNARDO et al., 2018; CANO-MARQUEZ et al., 2015).

Contudo, um debate ainda em aberto nesta cronologia refere-se à “paternidade” atribuída por muitos autores a Richard Feynman com relação à N&N (JOACHIM & PLÉVERT, 2009). Este fato é suscitado, pois em 29 de dezembro de 1959, no encontro anual da Sociedade Americana de Física (APS), realizado no Instituto de Tecnologia da Califórnia (CALTECH), Feynman proferiu uma palestra intitulada “Há mais espaço lá embaixo” (“*There is plenty of Room at the Bottom*”). Na ocasião, o Físico fez algumas reflexões sobre o que chamou de novo mundo, o “surpreendentemente pequeno”. Com propostas visionárias, ele coloca em discussão, por exemplo, a possibilidade de escrevermos 24 volumes inteiros da Enciclopédia Britânica na cabeça de um alfinete (FEYNMAN, 1959).

Apesar de Feynman e sua palestra serem um marco para a Física contemporânea, a atribuição de “pai”, “mentor” ou “profeta” da N&N traz consigo implicações, deixando à sombra muitas outras contribuições relevantes (SCHULZ, 2018). Nesse sentido, quando apontamos precursores da ciência estamos fazendo uso de uma historiografia conhecida como “Pedigree”, na qual o cientista “funciona muitas vezes como um mito heróico, apresentando de forma simplificada e distorcida as figuras que deveriam ser conhecidas e veneradas pelos neófitos” (MARTINS, 2001, p. 15). Nesse sentido, como bem argumenta Alfonso-Goldfarb (1994, p. 14), é “preciso apagar aquela imagem da Ciência como um processo de grandes descobertas de grandes gênios que pairam acima da capacidade dos *pobres mortais*”.

Segundo Joachim e Plévert (2009, p. 26), “esse discurso de Feynman só se tornou conhecido a partir dos anos de 1990, quando Eric Drexler exumou-o a fim de utilizá-lo como apoio para suas próprias ideias”. Vale destacar também que Feynman, ainda conforme Joachim e Plévert (2009, p. 26), “nunca se atribuiu qualquer paternidade dessas especializações” sendo equivocado seu uso na literatura.

Ao mesmo tempo, há muito se discute sobre a possibilidade de se compreender a constituição da matéria. Temos registros de que, segundo Valadares et al. (2005), há mais de dois mil anos, os filósofos gregos Leucipo e Demócrito especularam que a matéria era constituída por partículas indivisíveis, além de relatos sobre inferências a respeito de um “mundo dos detalhes” proposto por Napoleão “ao matemático Gaspar Monge, abordo da fragata *La Muiron*, na volta de uma expedição ao Egito em 1799” (JOACHIM & PLÉVERT, 2009, p. 27).

Estima-se que, em números recentes, conforme mostra Brasil (2015), o mercado anual de produtos nanotecnológicos é da ordem de 350 bilhões de dólares. Um mercado promissor para o crescimento econômico a nível global. Este dado estimula iniciativas de investimento no setor e favorece o desenvolvimento de diversos estudos em N&N.

Como mostra a Agência Brasileira de Desenvolvimento Industrial (ABDI) (Tabela 2), existe um crescimento significativo no número de publicações brasileiras em N&N entre 2005 e 2008. Este aumento deve-se à efervescente ascensão provocada por descobertas recentes na área, como o grafeno, o qual anuncia uma verdadeira corrida do ouro “*Gold Rush*” (GEIM & NOVOSELOV, 2007).

Tabela 1- Evolução do nº de artigos de pesquisadores brasileiros em nanociência e nanotecnologia: 2005-2008.

Ano de Publicação	Contagem Registro	% de 833
2005	151	18,1273%
2006	178	21,3685%
2007	248	29,7719%
2008	256	30,7323%

Fonte: Adaptada da ABDI (2010, p. 94) com resultados da Base de dados Web of Science. Acesso em dez. 2008.

No Brasil, desde 2001 surgiram algumas iniciativas programáticas para o fortalecimento da pesquisa neste seguimento. No entanto, apenas em 2004 o desenvolvimento em N&N passou a integrar as agendas de governo, apoiando o fortalecimento do desenvolvimento científico, tecnológico, industrial e de comércio em N&N, a exemplo do Programa Nacional de Nanotecnologias (BRASIL, 2018; BRASIL, 2016; BRASIL, 2015; BRASIL, 2013a; BRASIL, 2013b; BRASIL, 2012; BRASIL, 2003). Estas ações visam, dentre outras, a disseminação e divulgação, para a sociedade, dos conhecimentos em N&N (BRASIL, 2012; PLENTZ & FAZZIO, 2013).

Atualmente, diversos laboratórios integram o Sistema Nacional de Laboratórios em Nanotecnologia (SisNANO), regulamentado pela Portaria N° 245, de 5 de abril de 2012, do então Ministério de Ciência, Tecnologia e Inovação. Esta ação tem dentre seus objetivos “promover a formação, capacitação e fixação de recursos humanos, a educação em nanotecnologias e sua divulgação” (BRASIL, 2012, p. 5).

Projetos como o SisNANO são importantes, pois a “percepção pública sobre os riscos e benefícios da Nanotecnologia é uma questão-chave dentro da perspectiva de sua regulação” (ABDI, 2011, p. 13). Esta colocação está amparada por pesquisas realizadas em alguns países do mundo, tais como a Inglaterra e Estados Unidos, relacionada à percepção da população quanto à N&N. Estes dados apontaram que “uma maioria esmagadora de pessoas tinha uma percepção muito baixa, ou mesmo nem sequer tinha ouvido falar em nanotecnologia”, além de

não se sentirem “suficientemente informados para fazer um julgamento sobre os riscos e os benefícios das nanotecnologias” (ABDI, 2011, p. 14). Assim, propostas de divulgação e formação de pessoas nesta área são determinantes na consolidação de políticas ligadas diretamente ao desenvolvimento da N&N.

2.1. Nanomateriais

Antes mesmo do advento da microscopia eletrônica de tunelamento já se fazia N&N. Quando remontamos aos experimentos que culminaram na descoberta do elétron, em 1897 pelo físico inglês J.J. Thomson, passando pelos estudos sobre o movimento Browniano, descrito por Einstein em 1905, até a determinação da carga do elétron por Millikan e a medida do número de Avogadro por J. Perrin, muito sobre N&N foi produzido (SILVA & LIMA, 2007; SCHULZ, 2005; VALADARES et al., 2005).

Para além destas contribuições, podemos ir mais fundo na história e elucidar o que ficou conhecido como “nanoartesanato” (SCHULZ, 2005). Esta produção indireta em nanotecnologia resultou em belíssimos e intrigantes objetos de vidro, como os famosos vitrais das igrejas na idade média.

Figura 1 - Cálice de Licurgo fabricado aproximadamente no século IV D.C.



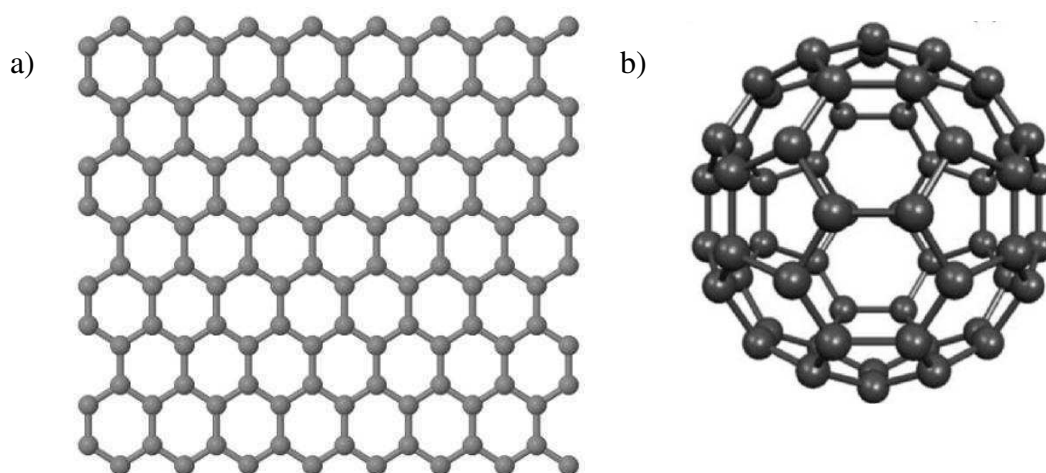
Fonte: *The British Museum*, 2019.

Um dos mais célebres exemplos de nanoartesanato é o cálice de Licurgo (Figura 1). Forjado na Roma antiga, século IV D.C., este artefato tinha em sua composição

nanopartículas de ouro e prata de apenas 70 nm de diâmetro (SCHULZ, 2005). O mais interessante era o fenômeno óptico que surgia quando o cálice era exposto à luz, de diferentes maneiras, pois se apresentava “verde sob luz refletida, mas vermelho translúcido sob luz transmitida através dele” (SCHULZ, 2005, p. 62).

Dentre os nanomateriais mais investigados atualmente, destacamos os compostos por carbono e h-BN (DRESSELHAUS et al., 2001). O carbono é um dos elementos químicos mais abundantes na natureza, sua distribuição eletrônica, $1s^2 2s^2 2p^2$, caracteriza-o como tetravalente, o que favorece sua associação com outras espécies atômicas. Na natureza inúmeros alótropos¹⁰ do carbono podem ser observados, dentre eles podemos destacar: o grafite, o diamante, o grafeno (Figura 2a), os fulerenos (Figura 2b), os nanotubos e os nanocones (KROTO et al., 1985; IJIMA, 1991; IJIMA et al., 1992; NOVOSELOV et al., 2004).

Figura 2 - Nanomateriais formados exclusivamente por átomos de carbono. a) Plano de Grafeno; b) Fulereo C₆₀.



Fonte: a) Próprio autor, 2019; b) Tapia et al. (2015, p. 139).

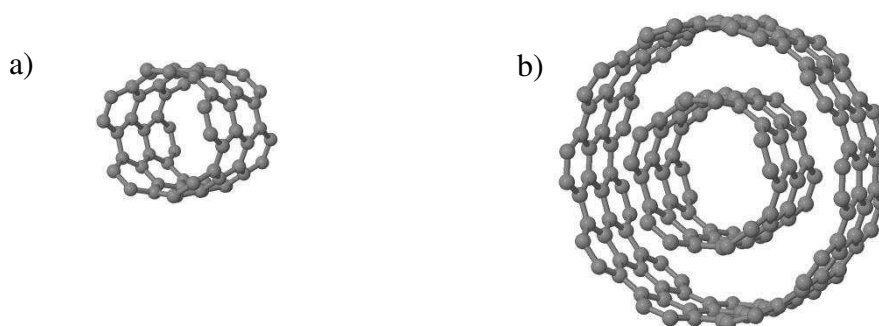
O grafeno, por exemplo, conforme Novoselov et al. (2004), é uma rede bidimensional hexagonal formada exclusivamente por átomos de carbono, mas que apresenta estabilidade em condições ambientes, fato que contrariou alguns postulados que cogitavam sobre a instabilidade termodinâmica no isolamento ou produção de estruturas cristalinas bidimensionais (LANDAU, 1937). Este nanomaterial pode ser obtido a partir da clivagem

¹⁰ Materiais formados pelo mesmo elemento químico, apresentando apenas arranjo atômico diferente.

mecânica do grafite, que basicamente é constituído por inúmeras camadas de grafeno, interligadas através de interações de Van der Waals¹¹ (KLEIN et al., 2001).

Além de exibir propriedades mecânicas, térmicas, químicas e eletrônicas peculiares, como mostra Cano-Marques et al. (2015), o grafeno é útil também para compreender a formação dos outros alótropos do carbono. Suas ligações, com comprimento da ordem de 1,42 Å, apresentam hibridização do tipo sp^2 , ligações fortes que conferem estabilidade e rigidez a este material.

Figura 3 - Nanotubos de carbono. a) Nanotubo de Paredes Simples; b) Nanotubos de Paredes Duplas.



Fonte: Próprio autor, 2019.

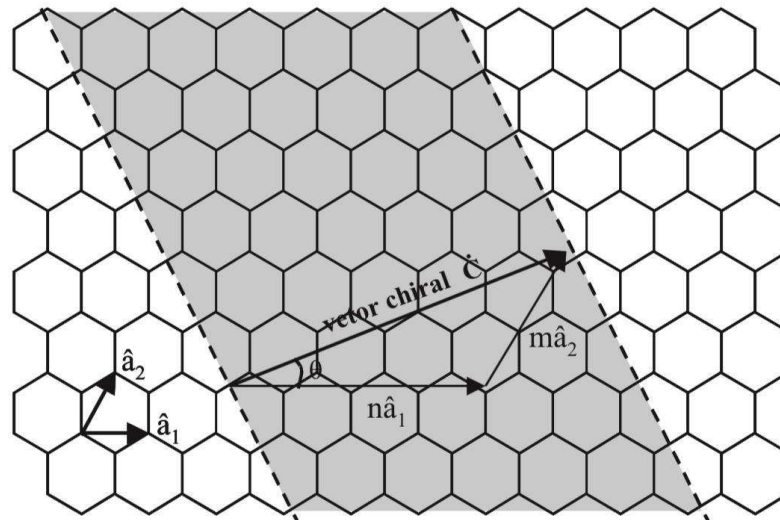
Já os nanotubos (Figura 3) foram observados pela primeira vez em 1991, sendo sintetizados utilizando o processo de pirólise de grafite em plasma, sob atmosfera controlada de hélio. Estes nanomateriais eram constituídos exclusivamente por átomos de carbono (IIJIMA, 1991; HERBST et al., 2004). As primeiras imagens mostraram Nanotubos de Carbono de Paredes Múltiplas (NCPM), que consistiam em cilindros concêntricos com espaçamento entre camadas da ordem de 3,4 Å e comprimento de dezenas de nanômetros (FREITAS et al., 2013).

Após a descoberta experimental dos NCPM, os Nanotubos de Carbono de Parede Simples (NCPS) foram igualmente obtidos (IIJIMA & ICHIHASHI, 1993; BETHUNE et al., 1993). Um nanotubo do tipo NCPS pode ser considerado como uma folha de grafeno enrolada, ou mesmo, como um fullereno alongado e podem ser classificados a depender do enrolamento realizado.

¹¹ Forças intermoleculares relativamente fracas.

A caracterização deste procedimento hipotético ocorre por meio de um vetor \vec{C} , chamado vetor *chiral*, que determina os pontos de união entre dois sítios cristalográficos, de tal modo que quando houver a junção destes pontos, o módulo deste vetor passa a ser a circunferência do tubo (DRESSELHAUS et al., 1992; HERBST et al., 2004). Ele é definido em termos dos vetores de rede do grafeno \hat{a}_1 e \hat{a}_2 , relacionados ao comprimento da ligação entre os átomos de carbono, ilustrados conforme a Figura 4. Dessa forma, o vetor *chiral* pode ser escrito como, $\vec{C} = n\hat{a}_1 + m\hat{a}_2$, caracterização muito comum na literatura, que permite definir três tipos de nanotubos (HAMADA et al., 1992).

Figura 4 - Esquematização da obtenção de um nanotubo a partir de uma folha de grafeno.



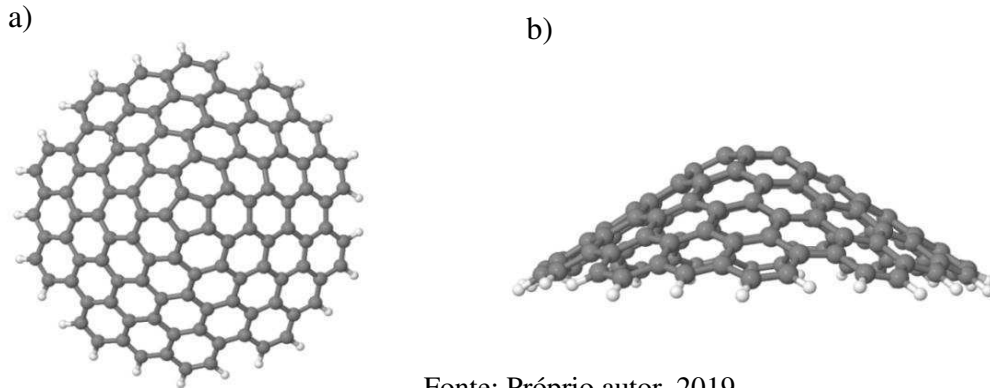
Fonte: HERBST et al. (2004, p. 986).

Os índices n e m formam um par (n, m) e são sempre números inteiros. Cada configuração do par (n, m) especifica um tipo de enrolamento da folha de grafeno, e assim um tipo de nanotubo. Para o caso em que $n \neq 0$ e $m = 0$ ($n, 0$) dizemos que o nanotubo é do tipo *zigzag*, uma alusão ao padrão apresentado na borda da circunferência do tubo. Para o caso em que $n = m \neq 0$ (n, n), dizemos que esta combinação gera um tubo do tipo *armchair*, por apresentar aparência com braços de uma poltrona, ao longo da circunferência do nanotubo. Por fim, quando $n \neq m \neq 0$ (n, m) denominamos tal estrutura como sendo *chiral*. A variação destes parâmetros aliados ao diâmetro do tubo podem proporcionar mudanças significativas no comportamento eletrônico do nanomaterial (HAMADA et al., 1992; HERBST et al., 2004; WILDÖER et al., 1998).

Os nanocones de carbono (Figura 5) foram observados pela primeira vez em 1992, no Japão, fechando nanotubos, sendo observados isoladamente dois anos mais tarde (GE & SATTLER, 1994; IJIMA et al., 1992). O modelo teórico para obtenção dos nanocones pode

ser obtido a partir da retirada de um setor $\pi/3$ de um plano circular de grafeno, um processo denominado de Volterra (PEDREIRA, 2011).

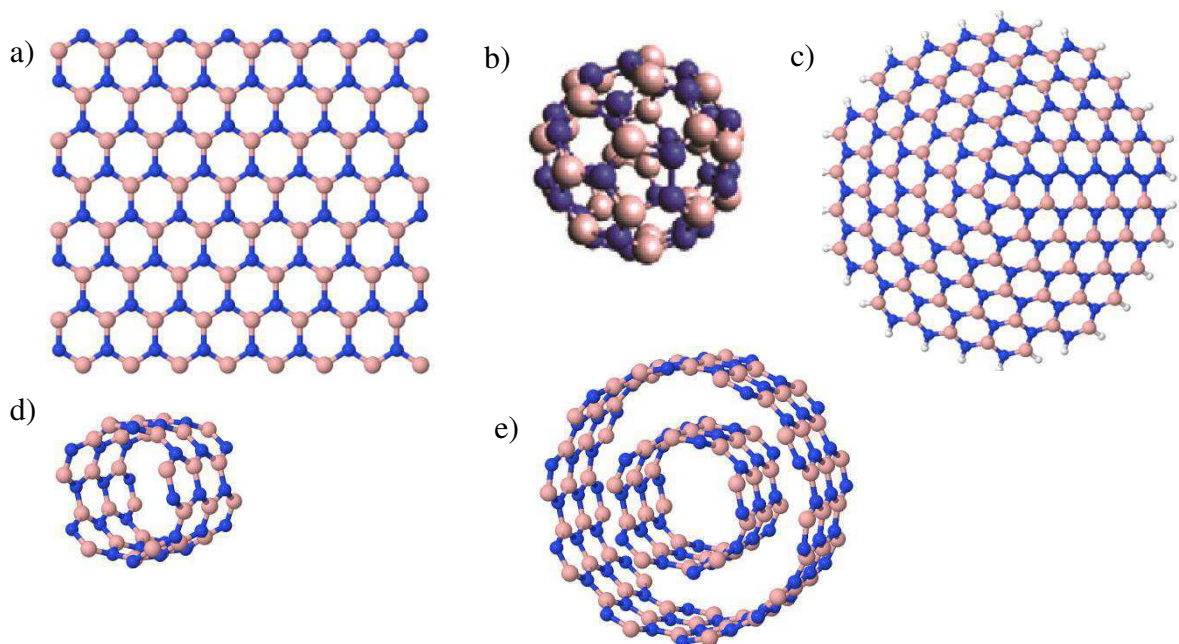
Figura 5 - Nanocone de carbono com saturação de hidrogênio nas pontas. Em cinza átomos de carbono e em branco átomos de hidrogênio. a) visão frontal; b) visão lateral.



Fonte: Próprio autor, 2019.

Os nanomateriais formados por h-BN apresentam estrutura análoga aos de carbono. A nanofolha de h-BN tem a mesma geometria do grafeno e serve de modelo teórico para obtenção de seus alótropos. Este material pode ser sintetizado por deposição química a vapor, em um ambiente com uma combinação de óxido de boro e nitrogênio em suspensão, aliados a altas temperaturas (HAN et al., 1998; RUBIO et al., 1994; TENNE & ZETTL, 2001).

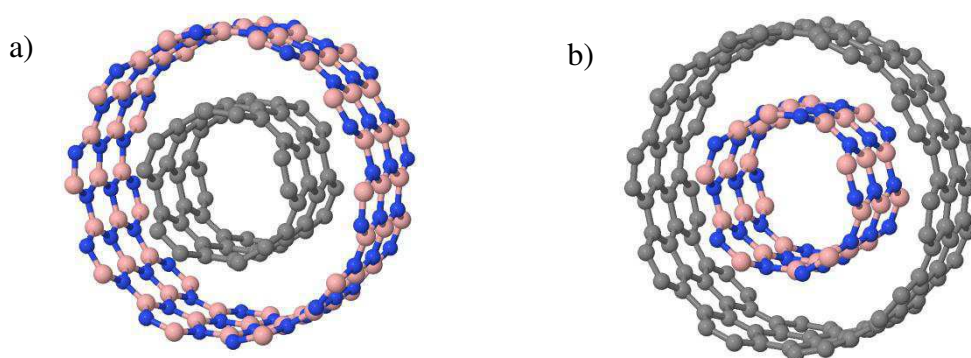
Figura 6 - Nanomateriais formados por h-BN. Em rosa átomos de boro, em branco átomos de hidrogênio e em azul átomos de nitrogênio. a) Plano de h-BN; b) Fulereo de BN; c) Nanocone de h-BN com junção N-N; d) Nanotubo de h-BN de paredes simples; e) Nanotubos de h-BN.



Fonte: a), c), d) e e) Próprio autor, 2019. b) Pakdel et al. (2012, p. 257).

Em estudos experimentais recentes com nanotubos de h-BN e carbono, encontramos novas perspectivas de modelagem e configurações de rede. Estes trabalhos trazem a sintetização de nanotubos mistos, nos quais nanoestruturas tubulares de h-BN foram sintetizadas dentro de nanotubos de carbono, assim como nanotubos de carbono foram produzidos dentro de nanotubos de h-BN (ARENAL & LOPEZ-BEZANILLA, 2014; NAKANISHI et al., 2013). Tais análises mostraram que a associação de nanotubos de carbono e h-BN é realizável e apresenta boa estabilidade estrutural.

Figura 7 - Nanotubos Mistos. a) Nanotubo de carbono dentro de nanotubo de h-BN; b) Nanotubo de h-BN dentro de nanotubo de carbono.



Fonte: Próprio autor, 2019.

É importante destacar que quando estamos investigando fenômenos na escala nanométrica, as leis físicas utilizadas para a investigação são descritas pela Mecânica Quântica. No entanto, alguns fenômenos decorrentes da diminuição do tamanho dos materiais podem ser observados na escala macroscópica. Como exemplo podemos citar o aumento da velocidade das reações químicas, em decorrência do aumento da área superficial das substâncias envolvidas na reação, que pode ser analisada teoricamente por meio do cálculo da razão área/volume (SCHULZ, 2007).

A compreensão das propriedades destes materiais, assim como o aprimoramento dos métodos de sintetização, prometem alavancar o desenvolvimento das tecnologias que conhecemos. O estudo sobre os nanomateriais vem aumentando vertiginosamente, o desenvolvimento de produtos com nanocompósitos já são uma realidade. Compreender como ocorrem os processos básicos nos estudos em N&N, além de suas possíveis aplicações, torna-se fundamental para o desenvolvimento de uma visão global e crítica do mundo vivencial.

2.2. Ensino de Física e a abordagem da Nanociência e da Nanotecnologia na Educação Básica

No Brasil, segundo estabelece a Lei de Diretrizes e Bases da Educação (LDB) ¹², a educação escolar é dividida em Educação Básica, formada pela educação infantil, ensino fundamental e ensino médio e em educação superior (BRASIL, 1996). A Educação Básica tem por finalidade “desenvolver o educando, assegurar-lhe a formação comum indispensável para o exercício da cidadania e fornecer-lhe meios para progredir no trabalho e em estudos posteriores” (Ibid., 1996, p. 6). Esse pressuposto nos indica que além da formação baseada em conteúdos programáticos devemos estar atentos à formação humana dos indivíduos, enquanto cidadãos atuantes na sociedade.

Nesse sentido, o ensino médio é compreendido como a última etapa da Educação Básica, estabelecido como “um direito social de cada pessoa, e dever do estado na sua oferta pública e gratuita a todos” (BRASIL, 2013, p. 194). Esta fase da formação escolar do indivíduo deve garantir a consolidação e o aprofundamento dos saberes e conhecimentos adquiridos no ensino fundamental, de modo a possibilitar o avanço em estudos posteriores, a preparação para o mundo do trabalho e a cidadania, o aprimoramento do educando como pessoa humana e a compreensão dos fundamentos científicos e tecnológicos dos processos produtivos (BRASIL, 1996; BRASIL, 2013).

Desta forma, espera-se que ao concluir o ensino médio o educando consiga assimilar as várias variáveis que envolvem o convívio em uma sociedade global, além de construir saberes que servirão de base para a sua formação em outros níveis de aprendizagem ou para sua atuação no mercado de trabalho.

Para que tais objetivos sejam efetivados na formação dos alunos, devemos nos preocupar com a construção de um currículo¹³ que atenda às peculiaridades do grupo de discentes com o qual se deseja trabalhar. Neste aspecto, devemos compreender que a prática docente deve ser fundamentada no planejamento das discussões pertinentes a disciplina, aliados a associações com saberes do mundo vivencial.

¹² “A Lei sofreu influências das teorias educacionais atuais e do processo de globalização. De todas as teorias em evidência atualmente, as interacionistas e as sociointeracionistas de Piaget e Vygotsky, respectivamente, foram as mais contempladas, fornecendo as bases epistemológicas como alicerce teórico.” (FRANCISCO FILHO 2001, p.138 *apud* ROSA & ROSA 2012, p. 9).

¹³ O currículo é conceituado como a proposta de ação educativa constituída pela seleção de conhecimentos construídos pela sociedade, expressando-se por práticas escolares que se desdobram em torno de conhecimentos relevantes e pertinentes, permeadas pelas relações sociais, articulando vivências e saberes dos estudantes e contribuindo para o desenvolvimento de suas identidades e condições cognitivas e sócio-afetivas (BRASIL, 2013, p. 195).

É nesta perspectiva que devem ser desenvolvidas as ações pedagógicas para o ensino de Física na Educação Básica. Esta disciplina deve colaborar na “formação de um cidadão contemporâneo, atuante e solidário, com instrumentos para compreender, intervir e participar na realidade” (BRASIL, 2002, p. 59). Assim, devemos (re)pensar o verdadeiro sentido do ensino de Física, que não mais deve pautar-se em abordagens desconexas e formalismos matemáticos sem significados, mas necessita de aproximações profundas com o mundo vivencial, como instrumento maior para a atribuição de sentido.

Enquanto futuros docentes na Educação Básica, devemos elucidar a verdadeira essência das aprendizagens em Física, as quais, segundo os Parâmetros Curriculares Nacionais para o Ensino Médio (PCNEM):

[...] a Física deve vir a ser reconhecida como um processo cuja construção ocorreu ao longo da história da humanidade, impregnado de contribuições culturais, econômicas e sociais, que vem resultando no desenvolvimento de diferentes tecnologias e, por sua vez, por elas sendo impulsionado. (BRASIL, 2002, p. 59).

Partindo deste enfoque, percebemos que o ensino de Física deve libertar-se da memorização de fórmulas em situações artificiais e partir para a problematização dos fenômenos, aliando a interpretação, em muitos casos abstrata, das dimensões que envolvem o cotidiano do discente.

Desta forma, devemos buscar um ensino que promova o desenvolvimento de competências e habilidades, tendo como base:

[...] a ampliação dos objetivos educacionais para além do acúmulo de informações. [...] a capacidade de abstração, a capacidade de pensar múltiplas alternativas para a solução de um problema, a capacidade de trabalhar em equipe, de disposição para procurar e aceitar críticas. [...] colocar a relação didática em perspectiva; e assumi-la como um problema de transposição didática. (RICARDO, 2004, p. 6).

Trata-se de uma reinterpretação da chamada pedagogia por objetivos e passa a ser uma reflexão sobre a própria essência de aprender. Neste âmbito, para Ricardo (2004), a concepção de habilidades se entrelaça a de competências e passa a ser entendida como competências mobilizadas em situações específicas. É nesta perspectiva que o ensino de Física deve ser direcionado.

Para tanto, a reflexão sobre a transposição didática dos saberes, a interdisciplinaridade, a contextualização e a problematização devem fazer parte do arcabouço teórico dos professores e das professoras de Física na Educação Básica. Isso faz-se necessário pela relevância de tais abordagens na promoção de aprendizagens vivenciais.

Para Ricardo (2004, p. 10), a transposição didática “trata das transformações por que passam os saberes até chegar à sala de aula” e deve ser compreendida como prática fundamental da atividade docente, mas não corresponde a uma tarefa fácil. Quando se defronta com a real compreensão da transposição didática na prática docente, vê-se que esse processo é:

[...] uma ferramenta que permite recapacitar, tomar distância, interrogar as evidências, por em questão as ideias simples, desprender-se da familiaridade enganosa de seu objeto de estudo. Em uma palavra, permite exercer sua vigilância epistemológica. (CHEVALLARD, 1991, p. 16 *apud* RICARDO, 2004, p. 10).

Esta práxis¹⁴ deve perpassar os ambientes formais de aprendizagem e se fazer presente, principalmente, no planejamento dos conteúdos a se ensinar.

Quanto à interdisciplinaridade, esta é:

[...] Portanto, entendida como abordagem teórico-metodológica em que a ênfase incide sobre o trabalho de integração das diferentes áreas do conhecimento, um real trabalho de cooperação e troca, aberto ao diálogo e ao planejamento. (NOGUEIRA, 2001, p. 27 *apud* BRASIL, 2013, p. 28).

Assim como a interdisciplinaridade contribui para a aprendizagem dos sujeitos, a contextualização “está associada à busca de significado para o conhecimento escolar” (RICARDO, 2004, p. 14). Essa dimensão pode ser percebida a partir das conexões entre o que é ensinado e o mundo vivencial do aluno.

Neste sentido, as Diretrizes Curriculares Nacionais da Educação Básica (DCNEB) apontam que:

¹⁴ “Para Freire, práxis significa que, ao mesmo tempo, o sujeito age/reflete e ao refletir age, ou se desejarmos, o sujeito da teoria vai para a prática e da sua prática chega à nova teoria, sendo assim, teoria e prática se fazem juntas, perpetuam-se na práxis.” (FORTUNA, 2015, p.1).

[...] a interdisciplinaridade e a contextualização devem assegurar a transversalidade do conhecimento de diferentes disciplinas e eixos temáticos, perpassando todo o currículo e propiciando a interlocução entre os saberes e os diferentes campos do conhecimento. (BRASIL, 2013, p. 68).

Diante de tantas solicitações de “mudanças” no *modus operandi* do Ensino de Física, como enfatiza Brasil (2002, p. 60), “os professores têm se sentido perdidos, sem os instrumentos necessários para as novas tarefas, sem orientações mais concretas em relação ao que fazer”, a busca por um “guia” neste caminho é necessária para que consigamos desenvolver práticas de ensino que sejam eficazes em seus objetivos. Não se trata de um livro, manual, cartilha ou esquemas preestabelecidos, mas de discutir junto aos cursos de formação de professores as estratégias de trabalho para a problematização dos saberes em uma escola que se propõe a ser cidadã e inserida no contexto de globalização (SILVAL, 1999).

Os PCNEM surgem como orientação para prática pedagógica nessa conjuntura. Dentre as competências para o ensino e aprendizagem de Física na escola média, destacadas nos PCNEM, encontra-se a investigação e compreensão dos fenômenos físicos, abordados a partir do enfoque da ciência e da tecnologia na atualidade (BRASIL, 2002). Este aspecto depreende, segundo Brasil (2002, p. 68), a habilidade de “reconhecer e avaliar o desenvolvimento tecnológico contemporâneo, suas relações com as ciências, seu papel na vida humana, sua presença no mundo cotidiano e seus impactos na vida social”.

Além disso, dentre os seis temas estruturadores abordados nos PCNEM com abrangência para organizar o ensino de Física, encontra-se a ênfase no estudo da matéria e radiação. Este eixo envolve, dentre outras, as discussões sobre as relações dos “modelos de organização atômica e molecular na constituição da matéria às características macroscópicas observáveis em cristais, cristais líquidos, polímeros, novos materiais etc” (BRASIL, 2002, p. 78). Este aspecto se insere na discussão sobre a abordagem de temas de Física Moderna e Contemporânea (FMC) na escola básica (MOREIRA, 2000). A partir disso, podemos perceber que já existe uma preocupação em abordar temas relacionados à N&N, no entanto o distanciamento entre o que é posto na teoria e a prática em sala de aula ainda é marcante (LIMA & ALMEIDA, 2012).

Segundo Brasil (2013, p. 26), “não se pode, pois, ignorar que se vive: o avanço do uso da energia nuclear; da nanotecnologia”, a abordagem da N&N na Educação Básica é um dos pontos centrais quando o assunto é o ensino de Física sob o enfoque do desenvolvimento tecnológico contemporâneo. No entanto, em pesquisa realizada entre janeiro e março de 2017,

em publicações do Caderno Brasileiro de Ensino de Física (CBEF)¹⁵ e da Revista Brasileira de Ensino de Física (RBEF)¹⁶, mostrou-se que dos 1603 artigos investigados apenas dois¹⁷ deles apresentavam a discussão sobre a N&N no ensino de Física, ou seja, a pesquisa sobre a temática ainda é muito reduzida (BERNARDO & LOPES, 2017).

Na contramão deste panorama diversos países apresentam iniciativas de ensino em N&N (CHANG, 2006). Em Taiwan, por exemplo, o Ministério da Educação desenvolveu o “Programa de Educação em Nanotecnologia” que tem, entre suas ações, o projeto “Desenvolvimento de Recursos Humanos em Nanotecnologia”, que objetiva a formação de professores para trabalharem a N&N na Educação Básica (LEE et al., 2006).

Figura 8 - Filme de animação intitulado "Uma viagem fantástica para Nana e Nono", publicado pelo Programa de Educação em Nanotecnologia, Ministério da Educação de Taiwan.



Fonte: Chang (2006, p. 2).

Iniciativas como esta mostram preocupação na formação de cidadãos capazes de compreender e argumentar criticamente sobre os avanços tecnológicos emergentes. Para Lee et al. (2006):

Para desenvolver uma força de trabalho capaz, uma nação precisa de um planejamento de longo prazo para incentivar o interesse e o conhecimento

¹⁵ Publicação de acesso livre da Sociedade Brasileira de Física (SBF), *qualis* junto à plataforma da CAPES A1.

¹⁶ Periódico também de acesso livre da Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC), *qualis* junto à plataforma da CAPES A2.

¹⁷ (LIMA & ALMEIDA, 2012; LEITE et al., 2013).

em tecnologia avançada em seus jovens. A nanotecnologia, um campo emergente que impactará muitas áreas da ciência e da tecnologia, foi vista como um catalisador da transformação. (LEE et al., 2006, p. 141, tradução nossa).

Por ser uma área essencialmente interdisciplinar a N&N possibilita o desenvolvimento de atividades integradas às diversas áreas do conhecimento. A Educação em N&N ou “nanoeducação” promove discussões que vão além dos paradigmas tradicionais, favorecendo a argumentação crítica sobre inovações científicas e tecnológicas, objetivo primordial no desenvolvimento de competências (BRASIL, 2002). Nessa perspectiva, Chang (2006) argumenta que:

Os jovens que são desafiados a visualizar o mundo nano se tornarão mais inovadores e desenvolverão uma perspectiva mais flexível. [...] O mais importante, a nanoeducação pode ajudar a avançar o crescente movimento internacional em direção à educação científica interdisciplinar. (CHANG, 2006, p. 2, tradução nossa).

Para que a nanoeducação possa adentrar as salas de aula na Educação Básica é necessário que os cursos de formação de professores trabalhem, ainda na graduação, temas relativos à N&N, com intuito de promover discussões que surtam efeito na prática pedagógica. Esta inserção não se resume a uma disciplina, mas a um conjunto de ações que podem ser trabalhadas nos diferentes componentes curriculares dos cursos de formação de professores, no entanto, sem alterações significativas nas ementas dos currículos acadêmicos (BERNARDO et al., 2016). Deste modo, estaremos promovendo diálogos, possíveis, na formação docente e atendendo à necessidade dos futuros professores em “acompanhar a inovação e o desenvolvimento associados ao conhecimento, à ciência e à tecnologia” (BRASIL, 2015, p. 14).

Devemos romper com o paradigma de que a N&N só pode ser trabalhada em laboratórios demasiadamente sofisticados e caros, além de estudos teóricos complexos, como enfatiza Schulz (2007, p. 1), “associações desse tipo podem criar barreiras à predisposição de crianças, jovens e adultos leigos em se deixar instigar pelo tema”. É a partir desta desmistificação que estaremos nos distanciando da ideia de que a ciência moderna é apenas propriedade da burguesia e estaremos elucidando o seu caráter invariante perante os diversos grupos sociais (FOUREZ, 1995).

3. SEQUÊNCIA DIDÁTICA NA PERSPECTIVA DA ALFABETIZAÇÃO CIENTÍFICA

Educar em meio a uma conjuntura de globalização acentuada torna-se tarefa cada vez mais elaborada e desafiadora. Esta percepção ocorre ao passo em que compete à educação buscar assimilar as referências que impeçam as pessoas de ficarem submersas em “ondas de informações, mais ou menos efêmeras, que invadem os espaços públicos e privados e as levem a orientar-se para projetos de desenvolvimento individual e coletivo” (DELORS, 2003, p. 89).

Nesta perspectiva, a missão da educação deve estar pautada em quatro pilares básicos e primordiais: aprender a conhecer, aprender a fazer, aprender a viver juntos e aprender a ser (DELORS, 2003). De modo paralelo, o ensino de Física deve igualmente ser guiado por esses elementos, com intuito de promover uma aprendizagem efetiva dos fenômenos naturais e da compreensão reflexiva do mundo vivencial.

Encontrar meios que favoreçam a prática docente e a aprendizagem dos discentes, torna-se essencial para se estruturar uma educação profícua e problematizadora, compreendendo a escola como espaço de promoção da/para cidadania (SILVAL, 1999). Desta forma, podemos refletir sobre as contribuições que o ensino de Física pode trazer, via cultura científica, para somar a essas discussões (SASSERON & MACHADO, 2017). É nesse sentido que discutiremos neste capítulo a Alfabetização Científica e como ela pode subsidiar a elaboração de uma Sequência Didática (SD).

3.1. Sequência Didática

Para Zabala (1998, p. 18), a SD é “um conjunto de atividades ordenadas, estruturadas e articuladas para a realização de certos objetivos educacionais, que têm um princípio e um fim conhecido tanto pelos professores como pelos alunos”. Esta metodologia de ensino é uma “maneira de encadear e articular as diferentes atividades ao longo de uma unidade didática” (ZABALA, 1998, p. 20).

Nardi e Castiblanco (2014, p. 40) enfatizam que “um dos núcleos que permitem articular conjuntos de ‘objetos de estudo’ da pesquisa em Ensino de Física é o estudo sobre os processos de ensino e aprendizagem” que tem dentre os focos o planejamento e

desenvolvimento de SDs. Estas atividades “podem ser consideradas e são pensadas para ser uma ferramenta para a coleta de dados nas investigações em educação científica.” (MOTOKANE, 2014, p. 115).

Segundo Zabala (1998), para a elaboração de uma SD devemos levar em consideração o papel dos professores e dos alunos; a organização social da sala; a utilização dos espaços e do tempo; a maneira de organizar o conteúdo; a existência, as características e o uso de materiais curriculares; assim como o sentido e o papel da avaliação.

Na SD devem existir atividades que contemplem os conhecimentos prévios; os conteúdos fundamentais e funcionais e se estes são adequados ao nível de desenvolvimento de cada aluno; que provoquem conflitos cognitivos e promovam a atividade mental do aluno; que permitam criar zonas de desenvolvimento proximal (ZDP); que promova uma atitude favorável, que sejam motivadoras em relação à aprendizagem dos conteúdos; que estimulem a autoestima e o autoconhecimento e que ajudem o aluno a desenvolver habilidades relacionadas com o aprender a aprender (ZABALA, 1998).

Nesse sentido, percebemos que as SDs se alinham fortemente a pressupostos construtivistas e do sociointeracionismo (LAHERA & FORTEZA, 2006; VYGOTSKY, 1994). Além disso, levam, segundo Zabala (1998, p. 65), “os alunos a questionar seus conhecimentos e a reconsiderar as interpretações que fizeram deles”, um dos fatores primordiais da alfabetização científica (SASSERON & MACHADO, 2017).

As interações sociais provocadas pelas atividades em sala de aula são importantes para o desenvolvimento de uma linguagem social. Todavia, como argumenta Carvalho (2016), as interações sociais não são definidas apenas pela comunicação entre o professor e o aluno, mas pelo meio em que esta discussão acontece, “de modo que o aprendiz interage também com os problemas, os assuntos, a informação e os valores culturais dos próprios conteúdos com os quais estamos trabalhando” (CARVALHO, 2016, p. 4).

Neste cenário, surge o que Vygotsky define como ZDP:

a distância entre o nível de desenvolvimento real, que se costuma determinar através da solução independente de problemas, e o nível de desenvolvimento potencial, determinado através da solução de problemas sob a orientação de um adulto ou em colaboração de companheiros mais capazes. (VYGOTSKY, 1994, p.112).

Este conceito, que muito influenciou a organização do trabalho escolar, está relacionado, conforme Vygotsky (1994, p. 113), as “funções que ainda não amadureceram, mas que estão em processo de maturação, funções que amadurecerão, mas que estão presentes em estado embrionário”. Este estado de pensamento em trânsito, compreendido entre o conhecimento já consolidado ou nível de desenvolvimento real e o nível de desenvolvimento potencial ou conhecimentos que a pessoa pode potencialmente aprender, fornece orientações importantes para o desenvolvimento do ensino, dentre as quais se estabelece o ensino por investigação, pautado na perspectiva da AC.

3.2. Alfabetização Científica

Ao refletirmos sobre o verdadeiro sentido de ensinar ciências percebemos que não se resume a simples aplicação de conceitos e ideias, mas de provocarmos a percepção sobre a natureza da Ciência e do conhecimento científico (SASSERON & MACHADO, 2017). Para isso, devemos nos basear em propostas de ensino que visem a problematização dos conteúdos em oposição ao ensino mecanizado e desconexo da realidade do estudante.

Estes modelos de ensino e aprendizagem, ditos tradicionais, confundem-se com as próprias raízes da escola (LEÃO, 1999). É a metodologia mais vivenciada na educação brasileira até os dias atuais, sendo essencial para o surgimento dos sistemas de ensino em meio à efervescente Revolução Industrial:

[...] configurando amplas redes oficiais, criadas a partir de meados do século passado, no momento em que, consolidado o poder burguês, aciona-se a escola redentora da humanidade, universal, gratuita e obrigatória como um instrumento de consolidação da ordem democrática. (SAVIANI, 1999, p.54).

Esta metodologia parte de uma abordagem puramente expositiva, a partir do método de transmissão e assimilação. Mizukami (1986 *apud* LEÃO, 1999) enfatiza que, o indivíduo que está “adquirindo” conhecimento, tem como competência primordial, memorizar definições, enunciados e leis, sínteses e resumos, deste modo caracterizando uma aprendizagem essencialmente mecanicista.

A superação destes modelos é essencial para que se estabeleça um diálogo profícuo com as novas tendências para o ensino. É por este viés que o ensino de Física deve se articular:

A Física deve apresentar-se, portanto, como um conjunto de competências específicas que permitam perceber e lidar com os fenômenos naturais e tecnológicos, presentes tanto no cotidiano mais imediato quanto na compreensão do universo distante, a partir de princípios, leis e modelos por ela construídos. (BRASIL, 2002, p. 59).

Nesta perspectiva, o ensino de Física deve proporcionar ambientes de reflexão sobre os avanços científicos e tecnológicos, mesmo que estes ainda não estejam à disposição direta do mercado. Antever-se a tais mudanças é um trabalho constante de atualização das propostas de ensino, provocando, muitas vezes, distanciamento dos modelos tradicionais, pautados na memorização abstrata de fórmulas matemáticas, e adentrando no campo da investigação e problematização em ciências. É na tentativa de superar os moldes do ensino tradicional que surge a AC (SASSERON & MACHADO, 2017).

Quando nos referimos a AC, enculturação científica ou letramento científico, estamos nos remetendo ao:

[...] ensino de ciências cujo objetivo é a formação do indivíduo que o permita resolver problemas de seu dia a dia, levando em conta os saberes próprios das ciências e as metodologias de construção de conhecimento próprias do campo científico. (SASSERON & MACHADO, 2017, p. 12).

O alfabetizado cientificamente deve ter condições de refletir sobre o mundo e seus fenômenos por meio de práticas conscientes embasadas nos conhecimentos e métodos da ciência (Ibid., 2017). Esta forma de pensar o ensino de ciências/Física também considera relevante a reflexão da ciência como empreendimento humano e de sua natureza como essência.

A definição de AC, trazida por Sasseron e Machado (2017), alinha-se diretamente com as ideias de Paulo Freire (1981). Para ele:

[...] alfabetização é mais que o simples domínio psicológico e mecânico de técnicas de escrever e de ler. É o domínio dessas técnicas, em termos conscientes. É entender o que se lê e escrever o que se entende. [...] implica

numa autoformação de que possa resultar uma postura interferente do homem sobre seu contexto. (FREIRE, 1981, p. 119).

O empreendimento para a AC esta associado à possibilidade de fornecer meios para a interpretação de códigos e/ou ideias próprias da ciência. A mobilização de recursos para a superação do analfabetismo científico estende-se desde o trabalho com a experimentação, problematização, questionamento, curiosidade e a abordagem teórica da ciência a partir do mundo vivencial. Esta premissa parte do caráter multifacetado da AC, abrangendo os aspectos relacionados à “popularização da ciência, divulgação científica, entendimento público da ciência e democratização da ciência” (AULER & DELIZOICOV, 2001, p. 123).

Quando nos deparamos com a reflexão sobre a natureza da AC frente ao ensino contextualizado, observamos uma relação intrínseca com a problematização. Este aspecto depreende “em abordar questões reconhecidamente conflitantes da vida e do meio do estudante; investigar, para entender melhor a situação e desencadear uma análise crítica e reflexiva para que ele perceba a necessidade de mudança” (SASSERON & MACHADO, 2017, p. 27).

Ao passo em que possibilitamos a análise crítica do mundo vivencial, através da problematização, estamos colocando o estudante em condição de conflito cognitivo, ao mesmo tempo, provocamos a mobilização de constructos teóricos para a resolução de problemas. Desse modo, o planejamento de uma SD que “tenha por objetivo levar o aluno a construir um dado conceito deve iniciar por atividades manipulativas” (CARVALHO, 2016).

A manipulação em sala de aula traz consigo o engajamento dos estudantes na investigação, dando-lhes graus de liberdade e conseqüentemente autonomia na execução das tarefas. Para Sasseron e Machado (2017), os graus de liberdade em atividades manipulativas ou de experimentação podem ser classificados em cinco. No primeiro, os alunos se ocupam apenas em retirar os dados do experimento, enquanto que o professor fornece o problema, a hipótese, o plano de trabalho e as conclusões. No segundo grau, a possibilidade do aluno levantar conclusões é colocada em pauta. No terceiro, os alunos passam a conjecturar como realizarão o experimento. No quarto, cabe ao professor apenas laçar o problema e aos alunos discutir como construirão o experimento, além de levantar hipóteses e conclusões sobre os fenômenos. No quinto e último grau, os alunos são responsáveis por trazer o problema que pretendem investigar, além de elaborarem o próprio plano de trabalho. Estas considerações desafiam o professor em sua prática, colocando-o na difícil tarefa de ser “promotor da investigação” (PELLA, 1969 *apud* SASSERON & MACHADO, 2017).

4. PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

Nesta seção, iremos descrever os procedimentos metodológicos utilizados nesta pesquisa. Tais procedimentos estão dispostos a fim de avaliarmos a aplicabilidade da SD sobre N&N, a qual visou promover a alfabetização científica, sobre a temática, em uma turma de 3º ano do ensino médio da Escola Estadual de Ensino Fundamental e Médio Monsenhor Constantino Vieira, localizada no município de Cajazeiras-PB, no Alto Sertão Paraibano.

Vale destacar que esta pesquisa foi submetida ao Comitê de Ética em Pesquisas com Seres Humanos (CEP/CFP/UFCG), o qual avaliou o mérito ético do estudo à luz das resoluções 466/2012 e 510/2016 do Conselho Nacional de Saúde (CNS), as quais estabelecem diretrizes e normas regulamentadoras para pesquisas envolvendo seres humanos.

Aqui destacaremos quatro pontos: Desdobramentos da pesquisa, caracterização da pesquisa, a SD utilizada, métodos para análise dos dados e lugar de aplicação da pesquisa. Estas questões são basilares para a compreensão do estudo, além de dimensionar o tempo-espço da investigação.

4.1. Desdobramentos da pesquisa

Inicialmente realizamos uma revisão da literatura sobre a abordagem da N&N na Educação Básica e suas implicações no ensino da Física, sob o enfoque da alfabetização científica e das teorias em SD como subsídio para redação deste trabalho. No segundo momento organizamos a SD, fundamentada em trabalhos acadêmicos sobre a temática (SILVA & TOMA, 2018; GAMA, 2013; SCHULZ, 2007; 2005; ROCHA-FILHO, 1996).

Na terceira etapa, elaboramos e aplicamos o questionário para coleta de dados (Apêndice A). Antes da sua aplicação foram colhidas as assinaturas de dois temas, o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE) e o Termo de Assentimento Livre e Esclarecido (TALE) (Apêndices B e C), ambos solicitados pelo CEP. O TCLE alude o consentimento do sujeito participante da pesquisa, enquanto que o TALE foi utilizado para assentir a participação de discentes menores de dezoito anos na pesquisa, os quais foram assinados pelos responsáveis legais.

Na quarta etapa da pesquisa foi realizada a aplicação da SD, procedimento que será especificado mais adiante. Por fim, foi realizada a reaplicação do questionário e a análise dos resultados, a qual presou pelo sigilo da identidade dos participantes.

4.2. Caracterização da pesquisa

Partindo do conceito de método dado por Marconi e Lakatos (2010, p. 65), o qual diz que “método é o conjunto das atividades sistemáticas e racionais que, com maior segurança e economia, permite alcançar o objetivo – conhecimentos válidos e verdadeiros – traçando o caminho a ser seguido, detectando erros e auxiliando as decisões do cientista”, nesta seção será realizada a caracterização da pesquisa.

A caracterização de uma investigação é o ponto fundamental para dimensionar o trabalho. Como enfatiza Köche (2011, p. 122), “o planejamento de uma pesquisa depende tanto do problema a ser investigado, da sua natureza e situação espaciotemporal em que se encontra quanto da natureza e nível de conhecimento do investigador”. Este ponto evidencia a diversidade nos tipos de pesquisa, sendo importante a sua delimitação para fins práticos.

Levando em consideração os desdobramentos e a problemática desta investigação, esta pesquisa será caracterizada, sob o ponto de vista da sua natureza, como aplicada. Para Prodanov e Freitas (2013, p. 51), a pesquisa de natureza aplicada “objetiva gerar conhecimentos para aplicação prática dirigidos à solução de problemas específicos. Envolve verdades e interesses locais”, implicando diretamente na nossa investigação, tendo em vista que nossa proposta envolve intervenção direta, com aplicação da SD.

Observando o estudo sob o ponto de vista de seus objetivos mais gerais podemos classificá-lo como uma pesquisa exploratória. Esta classificação é apontada por Gil (2010, p. 27) como um caminho capaz de “proporcionar maior familiaridade com o problema, com vistas a torná-lo mais explícito ou a construir hipóteses”, deste modo, o ambiente dinâmico da pesquisa pode proporcionar o aparecimento de variáveis não planejadas relacionadas a pontos de vista ou interpretações.

Sob a perspectiva do método científico, observamos que a abordagem mais atinente é o método dialético. Esta perspectiva metodológica, segundo Prodanov e Freitas (2013, p. 34), “busca interpretar a realidade partindo do pressuposto de que todos os fenômenos apresentam características contraditórias organicamente unidas e indissolúveis”. Parte da perspectiva do

diálogo e do dinamismo entre sujeito e objeto. Requer do pesquisador, como evidencia Deveschi e Trevisan (2010, p. 152), “uma postura histórico-social em relação ao objeto investigado. O pesquisador desenvolve uma relação dinâmica, em que tanto ele como o próprio objeto podem sofrer transformação ao longo do processo de investigação”.

Analisando os procedimentos técnicos, como a aplicação do questionário e a elaboração e aplicação da SD, intuímos que a classificação adequada sob esse aspecto é de uma pesquisa-ação. O termo *pesquisa-ação*, cunhado por Kurt Lewin em 1946, refere-se a:

um tipo de pesquisa com base empírica que é concebida e realizada em estreita associação com uma ação ou ainda, com a resolução de um problema coletivo, onde todos pesquisadores e participantes estão envolvidos de modo cooperativo e participativo. (THIOLLENT, 1985, p. 14 *apud* GIL, 2010, p. 42).

Prodanov e Freitas (2013), destacam ainda que:

Nesse tipo de pesquisa, os pesquisadores e os participantes envolvem-se no trabalho de forma cooperativa. A pesquisa-ação não se refere a um simples levantamento de dados ou de relatórios a serem arquivados. Com a pesquisa-ação, os pesquisadores pretendem desempenhar um papel ativo na própria realidade dos fatos observados. (PRODANOV & FREITAS, 2013, p. 66).

Este tipo de pesquisa evidencia a interação pesquisado/os entre pesquisador/es, ou seja, se estamos considerando os procedimentos técnicos desta investigação, esta classificação alinha-se com nossa proposta de trabalho. Ao passo que buscamos desenvolver, aplicar e avaliar a SD, conduzimos os estudantes/pesquisados a um processo de reflexão sob a ótica das temáticas apresentadas.

Quando nos voltamos para a forma de abordagem do problema, percebemos que há compatibilidade entre o enfoque qualitativo. Para Pereira (2004):

o dado qualitativo é a representação simbólica atribuída a manifestações de um evento qualitativo. É uma estratégia de classificação de um fenômeno aparentemente imponderável que, fixando premissas de naturezas ontológica e semântica, instrumentaliza o reconhecimento do evento, a análise de seu

comportamento e suas relações com outros eventos. (PEREIRA, 2004, p. 21).

O enfoque qualitativo nos permite discutir sobre dados de caráter subjetivo, favorecendo sua associação por meio de categorias de análise, além disso, não utilizamos nesta pesquisa métodos e técnicas estatísticas para coleta dos dados (PRODANOV & FREITAS, 2013, p. 70).

4.3. Questionário utilizado

O questionário utilizado nesta pesquisa apresenta situações e/ou indagações que possibilita aos participantes da pesquisa expressarem abertamente seus conhecimentos. Este formato de questionário foi utilizado tendo em vista o grande leque de interpretações que poderiam surgir.

Este instrumento de coleta de dados, segundo Marconi e Lakatos (2010, p. 184), consiste em uma série ordenada de perguntas que deve, ao ser aplicado, ter prévio esclarecimento da “natureza da pesquisa, sua importância e a necessidade de obter respostas, tentando despertar o interesse do recebedor, no sentido de que ele preencha e devolva o questionário dentro de um prazo razoável.”

O mais relevante no processo de elaboração do questionário está relacionado à escolha das questões quanto a sua pertinência para o estudo, pois “requer a observância de normas precisas, a fim de aumentar sua eficácia e validade. Em sua organização, deve-se levar em conta os tipos, a ordem, os grupos de perguntas e a formulação das mesmas” (MARCONI & LAKATOS, 2010, p. 185). Para mais, o questionário deve ser limitado em extensão e em finalidade, nesse sentido, o nosso questionário era formado por sete perguntas sobre informações básicas dos estudantes, além de cinco questões abertas específicas sobre assuntos que envolvem o universo da N&N.

O primeiro questionamento dispõe sobre um diálogo entre três personagens de uma história em quadrinhos. Esta conversa traz em um de seus balões a seguinte pergunta “Mas... o que é essa tal de nanotecnologia?” e em seguida questionávamos se a pergunta fosse direcionada a pessoa que estava respondendo ao questionário o que ela diria (PINTO & VIEIRA, 2008, p. 6). Esta história em quadrinhos é parte de um conjunto de seis edições lançadas pelo então Ministério do Trabalho e Emprego com intuito de divulgar a N&N, ao

mesmo tempo em que conscientiza os trabalhadores sobre a percepção de riscos associados à nanotecnologia (ESTEVES, 2017; ESTEVES, 2014; VIEIRA FILHO, 2013; ESTEVES & GENE, 2013; JENSEN & VIEIRA FILHO, 2010; PINTO & VIEIRA, 2008).

A segunda questão fez uma contextualização entre a dissolução da mesma quantidade de sabão em pó e de sabão em barra em dois recipientes distintos de água. Esta discussão busca aferir percepções que envolvam a razão área/volume e a velocidade de dissolução das substâncias em água (SCHULZ, 2007).

A terceira interrogativa propunha que fosse feito um traço com lápis grafite e a partir disso os estudantes deveriam argumentar sobre a possibilidade ou não de aferição da espessura deste traço. Trata-se de uma questão bastante relevante, uma vez que abre espaço para problematização, curiosidade e reflexão, tanto das ordens de grandeza, quanto da própria constituição do grafite (SCHULZ, 2007; NOVOSELOV et al., 2004). A quarta questão segue a mesma linha de raciocínio da terceira, quanto aos métodos de observação em microscopia, na qual arguimos sobre a possibilidade de observarmos átomos e moléculas.

A última pergunta abordava a constituição de dois materiais que apresentam a mesma composição atômica, porém propriedades totalmente diferentes, o diamante e o grafite, ambos constituídos por carbono. Esta questão se encaixa no cerne da discussão sobre os diferentes alótropos do carbono e suas propriedades distintas a considerar a variação no arranjo cristalino (KITTELL, 2013; NOVOSELOV et al., 2004; IIJIMA et al., 1992; IIJIMA, 1991, KROTO et al., 1985).

4.4. A Sequência Didática utilizada

A SD aplicada nesta pesquisa consistiu em um conjunto de cinco encontros com uma turma do 3º ano do ensino médio da Escola Estadual de Ensino Fundamental e Médio Monsenhor Constantino Vieira. Estes encontros foram realizados nas aulas de Física e, conforme o horário escolar, ocorreram: na quarta-feira (04/09/2019) no segundo horário, entre 13h45min e 14h30min, nas sextas-feiras (06/09/2019 e 13/09/2019) e nas segundas-feiras (09/09/2019 e 16/09/2019), ambos no quinto horário, entre 16h10min e 16h50min.

Comumente, no turno vespertino, são realizadas seis aulas na aludida escola, três antes do intervalo e três depois. Como pode ser percebido, as aulas anteriores ao intervalo têm duração de 45min, já as realizadas após o intervalo têm duração de 40min. A organização da SD teve que ser administrada a partir do tempo que nos foi disponibilizado. Nesse sentido, no Quadro 2 segue o esquema da SD desenvolvida e aplicada.

Quadro 2 - Sequência didática utilizada na pesquisa.

(Continua)

AULA	ATIVIDADE
AULA 1	<i>O caminho de cima para baixo</i> ¹⁸
04/09 Quarta-feira 45min	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Apresentar diferentes instrumentos de medidas a fim de problematizar a diferença entre as escalas e os instrumentos adequados para cada medição; ➤ Dividir a turma em três grupos e distribuir folha de papel e um instrumento de medida diferente a cada equipe, para que possam estimar a espessura do papel.
PROBLEMATIZAÇÃO	Qual instrumento seria mais adequado para medir a espessura de uma folha de papel?
MATERIAIS	Régua, paquímetro, micrômetro, folhas de papel, lápis, borracha e caneta.

¹⁸ (SCHULZ, 2007)

Quadro 2 – Sequência didática utilizada na pesquisa.

(Continuação)

AULA	ATIVIDADE
AULA 2	<i>A miniaturização e os efeitos do surpreendentemente pequeno</i>
06/09 Sexta-feira 40min	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Apresentar diferentes dispositivos de armazenamento de dados, assim como, imagens de diferentes nanoestruturas e materiais nanoparticulados (Apêndice D), a fim de problematizarmos os processos de miniaturização e discutirmos os conceitos de N&N e os fenômenos que surgem quando estamos nesta escala; ➤ Diferenciar microscópio óptico e eletrônico e relacionar seu funcionamento com o de uma vitrola/toca discos.
PROBLEMATIZAÇÃO	<ul style="list-style-type: none"> • Todos os dispositivos apresentados atendem às necessidades de armazenamento de dados atuais?; • Como trabalhamos na aula anterior com diversos instrumentos de medida, se quiséssemos medir as dimensões destas nanoestruturas o que utilizaríamos?
MATERIAIS	Disquetes, CDs, cartão de memória, pendrive, fita magnética, disco de vinil e vitrola/toca discos.
AULA 3	<i>Materiais iguais, fenômenos diferentes.</i>
09/09 Segunda-feira 40min	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Dividir a turma em quatro grupos para que possam manipular experimentos e a partir deles estabelecer relação entre o aumento da área superficial de algumas substâncias e a velocidade das reações nas quais elas estão envolvidas. <hr/> <p>Experimento 1: Dissolver sabão em barra e sabão em pó em água.</p> <p>Materiais: Sabão em pó, Sabão em barra, dois recipientes de plástico, Água, colher, cronômetro.</p> <p>Procedimento: Colocar a mesma quantidade de água nos recipientes de plástico, em seguida adicionar em um deles sabão em pó e no outro a mesma quantidade de sabão em barra. Com o auxílio da colher mexer as duas misturas por igual intervalo de tempo.</p>

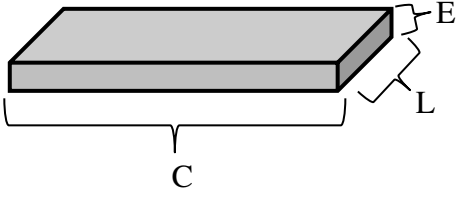
Quadro 2 – Sequência didática utilizada na pesquisa.

(Continuação)

AULA	ATIVIDADE
<p>AULA 3</p> <p><i>09/09</i></p> <p><i>Segunda-feira</i></p> <p><i>40min</i></p>	<p><i>Materiais iguais, fenômenos diferentes.</i></p> <hr/> <p>Experimento 2: Dissolver pastilha efervescente inteira e triturada em água.</p> <hr/> <p>Materiais: Duas pastilhas efervescentes de vitamina C; dois recipientes de plástico; água.</p> <p>Procedimento: Colocar a mesma quantidade de água nos dois recipientes. Depois triturar uma das pastilhas de vitamina C. Em seguida adicionar a pastilha inteira em um dos recipientes com água, ao mesmo tempo em que adiciona a pastilha triturada no outro recipiente.</p> <hr/> <p>Experimento 3: Dissolver café em grãos e café em pó em água.</p> <hr/> <p>Materiais: Café em pó, Café em grãos, dois recipientes de plástico, água, colher; cronômetro.</p> <p>Procedimento: Colocar a mesma quantidade de água nos dois recipientes de plástico. Colocar o café em pó em um dos recipientes, assim como, a mesma quantidade de café em grãos no outro recipiente. Com o auxílio da colher, mexer as duas misturas por igual intervalo de tempo.</p> <hr/> <p>Experimento 4: Combustão da palha de aço versus colher de aço.</p> <hr/> <p>Materiais: Palha de aço, bateria/pilha, colher de aço.</p> <p>Procedimento: Colocar os polos da bateria em contato com a colher e em seguida com a palha de aço.</p>
<p>PROBLEMATIZAÇÃO</p>	<p>Após a realização dos experimentos as equipes deverão socializar com a turma os resultados observados, fazendo uma análise comparativa entre os dois procedimentos realizados em cada experimento, além de observar a velocidade de reação em ambos.</p>

Quadro 2 – Sequência didática utilizada na pesquisa.

(Continuação)

AULA	ATIVIDADE
<p>AULA 4</p> <p>13/09</p> <p>Sexta-feira</p> <p>40min</p>	<p><i>O nano na ponta do lápis: Grafeno o pequeno notável</i></p> <p>Realizar de experimento para determinar a espessura do traço de grafite (SCHULZ, 2007).</p> <p>Materiais: Lápis grafite, régua, paquímetro, multímetro, papel e termômetro.</p> <p>Procedimento: Fazer no papel um traço forte com lápis grafite, medindo 2cm de comprimento. Este tamanho serve para padronização entre as medidas feitas pelas equipes. Em seguida deve-se medir com o paquímetro a largura do traço. Com o auxílio do multímetro deve ser realizada a medida da resistência elétrica do traço. Por fim, verificar a temperatura a medida da amostra de grafite e anotar as medidas na tabela, que será disponibilizada para os grupos, juntamente com este procedimento detalhado (Apêndice E).</p> <p>Tratamento dos dados: Por meio da 2ª Lei de Ohm podemos determinar a espessura do traço. Esta lei diz que a resistência elétrica é diretamente proporcional ao comprimento C do material e inversamente proporcional à área de sua seção transversal A, a menos de uma constante ρ chamada de resistividade (equação 1) (TIPLER & MOSCA, 2011). Para este experimento utilizamos ρ para o grafite com o valor de $\rho_{\text{grafite}} = 6000 \times 10^{-8} \Omega.m$ a $20^\circ C$ (SANTOS, 2010).</p> $R = \rho \frac{C}{A} \quad (Eq. 1)$ <p>Como o traço do grafite representa um paralelepípedo de seção transversal retangular teremos a equação 2 para a espessura do traço,</p> <p>Figura 9 - Esquema do traço de grafite no papel.</p>  <p>E = Espessura do traço; L = Largura do traço; C = Comprimento do traço.</p> $E = \rho \frac{C}{R \cdot L} \quad (Eq. 2)$
<p>PROBLEMATIZAÇÃO</p>	<p>Como o grafite é formado pelo empilhamento de folhas de grafeno, podemos estimar quantas camadas de grafeno temos nos respectivos traços, dado que a distância entre estas camadas é de aproximadamente 0,34nm (SCHULZ, 2007).</p>

Quadro 2 – Sequência didática utilizada na pesquisa.

(Conclusão)

AULA	ATIVIDADE
AULA 5	<i>Fazendo macro “nanoestruturas”</i>
<p>16/09 Segunda-feira 40min</p>	<p>Confeccionar maquetes de nanoestruturas de carbono a partir do grafeno: nanotubos do tipo <i>armchair</i>, <i>zigzag</i> e <i>chiral</i>, além de fulerenos C₆₀ (adaptado de ROCHA-FILHO, 1996). Dividir a turma em quatro grupos. Todos os grupos receberam três modelos para os nanotubos e um modelo para o fulereno C₆₀.</p> <p>Procedimento:</p> <p>➤ Fulerenos C₆₀:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Recortar as linhas e os hexágonos indicados com “Corte Fora”; • Recorte todo o contorno da figura; • Com a cola, sobreponha os hexágonos vizinhos separados pelos cortes; <p>➤ Nanotubos:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Corte as bordas do desenho; • Cole as letras indicadas na figura uma sobre as outras; <p>Os modelos utilizados para cada estrutura estão no (Apêndice F e G).</p>
PROBLEMATIZAÇÃO	A partir do plano de grafeno podem ser teorizadas inúmeras outras estruturas, dentre elas os nanotubos e os fulerenos.
MATERIAIS	Cola branca, tesoura sem ponta, fita adesiva, modelos impressos em papel branco.

Fonte: Dados da pesquisa, 2019.

Esta SD foi elaborada sob a perspectiva da AC, além de considerar pertinente a discussão sobre a própria natureza das sequências didáticas, sua finalidade e objetivos (CARVALHO, 2016; SASSERON & MACHADO, 2017; ZABALA, 2010). Assim, cada aula foi organizada com intuito de abranger um aspecto relevante para discutir a N&N, como também, consideramos o grau de dificuldade, as condições materiais da Escola e o tempo de cada encontro.

Na primeira aula, intitulada de *O caminho de cima para baixo*, realizamos um experimento simples para medir a espessura de uma folha de papel, a fim de problematizarmos a escala métrica e a relação entre a medida e seus respectivos instrumentos, problematização esta fundamental para introduzirmos os conceitos em N&N. Para tanto, dividimos a turma em três grupos e entregamos a cada um onze folhas de papel. Cada grupo ficou com um instrumento de medida diferente: uma régua, um micrômetro e um paquímetro.

Na segunda aula, intitulada de *A miniaturização e os efeitos do surpreendentemente pequeno*, utilizamos um conjunto de imagens de materiais nanoestruturados e seus análogos macroscópicos (Apêndice D), como também, levamos alguns dispositivos de armazenamento de dados: disquetes, fitas cassete, CDs, disco de vinil, pendrive e cartão de memória. Além disso, levamos uma vitrola/toca discos para relacionarmos seu funcionamento ao de um microscópio eletrônico de força atômica (SCHULZ, 2007).

Na aula três, intitulada de *Materiais iguais, fenômenos diferentes*, foi realizada uma série de quatro experimentos para discutirmos a relação do aumento da área superficial dos materiais e os fenômenos emergentes nesta condição. Para isso, dividimos a turma em quatro grupos, de modo que cada equipe deveria realizar um experimento.

No primeiro experimento o grupo iria dissolver sabão em barra e sabão em pó em água. Para isso foram disponibilizadas a mesma quantidade de sabão em pó e sabão em barra, além de dois recipientes de plástico, água e colher. A equipe deveria colocar a mesma quantidade de água nos recipientes de plástico, em seguida adicionar em um deles sabão em pó e no outro a mesma quantidade de sabão em barra. Com o auxílio da colher deveriam mexer as duas misturas por igual intervalo de tempo.

No segundo experimento a equipe deveria dissolver pastilha efervescente inteira e triturada em água. Estavam à disposição da equipe duas pastilhas efervescentes de vitamina C, dois recipientes de plástico e água. Nesta prática teriam que colocar a mesma quantidade de água nos dois recipientes, depois triturar umas das pastilhas de vitamina C. Em seguida teriam que adicionar a pastilha inteira em um dos recipientes com água ao mesmo tempo em que adicionavam a pastilha triturada no outro recipiente.

Para o terceiro experimento a equipe teria que dissolver café em grãos e café em pó em água. Para isso, dispunham da mesma quantidade de café em pó e café em grãos, dois recipientes de plástico, água e colher. Em seguida, deveriam adicionar a mesma quantidade de água nos dois recipientes de plástico. Assim, a equipe deveria colocar o café em pó em um dos recipientes, assim como, a mesma quantidade de café em grãos no outro recipiente. Com o auxílio da colher deveriam mexer as duas misturas por igual intervalo de tempo.

Já no quarto experimento a equipe iria realizar a combustão da palha de aço versus colher de aço. Teriam a disposição uma palha de aço, uma bateria/pilha e uma colher de aço. O grupo deveria colocar os polos da bateria em contato com a colher e em seguida com a palha de aço e observar o que acontecia (SCHULZ, 2007).

Na quarta aula, intitulada de *O nano na ponta do lápis: Grafeno o pequeno notável*, foi realizada uma atividade experimental para estimar a espessura do traço de grafite (SCHULZ, 2007). Conferimos grau de liberdade II ao experimento, tendo em vista que fornecemos para os grupos o problema experimental, a hipótese e o plano de trabalho, ficando a cargo dos alunos a obtenção dos dados e as conclusões (SASSERON & MACHADO, 2017).

Nesta aula dividimos a turma em três grupos, considerando que faltaram alguns discentes neste dia. Foi disponibilizado para as equipes um lápis grafite, uma régua, um paquímetro, um multímetro e papel, o termômetro foi compartilhado por todas as equipes, pois só tínhamos uma unidade.

As equipes deveriam fazer um traço forte com o lápis grafite no papel com 2cm de comprimento, este tamanho serviu para padronização entre as medidas feitas pelas equipes. Com o paquímetro deveriam fazer a medida da largura do traço. Com o auxílio do multímetro realizariam a medida da resistência elétrica do traço. Com o termômetro verificariam a temperatura durante a medida, visto que a resistividade dada no procedimento considerava como parâmetro a temperatura de 20°C. Por fim, deveriam anotar todas as medidas na tabela que foi disponibilizada junto ao procedimento (Apêndice E).

Na quinta e última aula, intitulada de *Fazendo macro “nanoestruturas”*, foi realizada a confecção de maquetes de nanoestruturas de carbono a partir do grafeno, mais especificamente, foram esquematizados nanotubos do tipo *armchair*, *zigzag* e *chiral*, além de fulerenos C₆₀ (adaptado de ROCHA-FILHO, 1996).

Para a realização desta atividade dividimos a turma em quatro equipes. Em seguida entregamos a cada uma quatro folhas com impressão de um plano de grafeno, três delas para obtenção dos nanotubos e uma para o fulereno C₆₀ (adaptado de ROCHA-FILHO, 1996). Entregamos também um procedimento, descrito na SD aula 5, para guiar a confecção destas estruturas.

Na obtenção dos nanotubos utilizamos marcações na folha (Apêndice G), de modo que os alunos pudessem sobrepor as pontas do papel e assim formar os três nanotubos propostos. Para os fulerenos, apesar de apresentarem maior grau de dificuldade na sua confecção, utilizamos o mesmo método, no entanto, as folhas com as impressões (Apêndice F) destas

estruturas mostravam mais detalhes e conseqüentemente mais etapas até a obtenção do fulereno de papel.

4.5. Métodos para análise dos dados

A escolha do método de análise dos dados é um ponto fundamental da pesquisa. Para Marconi e Lakatos (2010, p. 151), ao analisarmos os dados buscamos “evidenciar as relações existentes entre o fenômeno estudado e outros fatores. Essas relações podem ser estabelecidas em função de suas propriedades relacionais de causa-efeito, produtor-produto, de correlações”. Nesse sentido, os métodos de análise dos dados devem se alinhar aos padrões próprios da natureza da pesquisa, no nosso caso dados qualitativos.

Nesta pesquisa a análise dos dados baseia-se na apreciação das respostas colhidas nas duas aplicações do questionário. Considerando a natureza das informações obtidas, avaliamos como metodologia adequada para organização dos resultados a análise de conteúdo.

Para Bardin (2002), a análise de conteúdo é:

Um conjunto de técnicas de análise das comunicações visando obter, por procedimentos, sistemáticos e objetivos de descrição do conteúdo das mensagens, indicadores (quantitativos ou não) que permitam a inferência de conhecimentos relativos às condições de produção/recepção (variáveis inferidas) destas mensagens. (BARDIN, 2002, p. 42).

A autora destaca três pontos principais neste tipo de análise, são eles: a pré-análise, a exploração do material e o tratamento dos resultados, que esta diretamente atrelada à interpretação por meio de inferências e codificações (BARDIN, 2002).

A pré-análise consiste inicialmente na organização do material a ser apreciado. Em seguida é realizada uma leitura flutuante, a partir da qual podem surgir interpretações importantes sobre o conteúdo, ponto base na formulação de hipóteses. Nesta primeira fase devemos ficar atentos a quatro regras básicas: a exaustividade, a representatividade, a homogeneidade e a pertinência (BARDIN, 2002).

Na exaustividade, devemos nos preocupar com o estudo de todo o material sem fazer omissões, desta forma será possível observarmos todos os elementos do conteúdo. A representatividade busca uma amostra dentro do *corpus* do material analisado como

representativa do universo inicial. Já a homogeneidade refere-se ao uso de técnicas de coleta de dados iguais e aplicadas a indivíduos semelhantes. Por fim, a pertinência expressa que as comunicações analisadas devem ater-se aos objetivos centrais da análise (BARDIN, 2002).

A exploração do material parte da sua preparação para análise. Neste ponto, podemos “ir desde o alinhamento dos enunciados intactos, proposição por proposição, até à transformação linguística dos sintagmas, para *standartização* e classificação por equivalência” (BARDIN, 2002, p. 101). Esta classificação por equivalência está diretamente relacionada à categorização, a qual “funciona por operações de desmembramento do texto em unidades, em categorias segundo reagrupamentos analógicos” (BARDIN, 2002, p. 153). Deste modo, será possível criar categorias de análise para cada resposta do questionário.

Segundo Bardin (2002), a categorização é:

uma operação de classificação de elementos constitutivos de um conjunto, por diferenciação e, seguidamente, por reagrupamento segundo o género (analogia), com os critérios previamente definidos. As categorias, são rubricas ou classes, as quais reúnem um grupo de elementos (unidades de registo, no caso da análise de conteúdo) sob um título genérico, agrupamento esse efetuado em razão dos caracteres comuns destes elementos. (BARDIN, 2002, p. 117).

A categorização proposta por Bardin é um excelente instrumento para análise de questionários abertos ou comunicações, dado que o agrupamento em categorias e subcategorias de análise permite associar dados quantitativos, como frequência amostral e frequência relativa, a dados qualitativos. Além disso, “permitem estabelecer quadros de resultados, diagramas, figuras e modelos, os quais condensam e põem em relevo as informações fornecidas pela análise” (BARDIN, 2002, p. 101), trazendo assim elementos gráficos que facilitam a compreensão dos resultados.

4.6. Lugar de aplicação da pesquisa

A Escola Estadual de Ensino Fundamental e Médio Monsenhor Constantino Vieira¹⁹ está localizada na Avenida Padre Rolim²⁰, número 457, no centro da cidade de Cajazeiras, Alto Sertão Paraibano. A Instituição é popularmente conhecida por Colégio Comercial, pois em 02 de dezembro de 1951, ano da fundação, o estabelecimento era denominado de Escola Técnica de Comércio Monsenhor Constantino Vieira. A aludida escola está localizada relativamente próxima à UFCG, Campus Cajazeiras, e por essa razão costuma recepcionar estagiários e discentes que pretendem desenvolver atividades de pesquisa, ensino e extensão na instituição.

Figura 10 - Escola Técnica do Comércio Monsenhor Constantino Vieira, anos 50.



Fonte: Blog o Último dos Moicanos, 2019.

Idealizada pelo então Prefeito de Cajazeiras, Dr. Otacílio Jurema²¹ e pelo Professor Afonso Pereira da Silva²², começou a funcionar no ano de 1952, em caráter provisório no

¹⁹ “A denominação foi uma homenagem a um filho de Uiraúna que dedicou toda a sua vida a Cajazeiras, não só como Pastor, mas como professor e patrono dedicado a educação de nossa cidade”. (SILVA, 2014, p. 29).

²⁰ Padre Inácio de Sousa Rolim é uma figura icônica do povo cajazeirense. Um sacerdote dos anos de 1800 que fundou a primeira Escola no Município de Cajazeiras, precursor no ensino na Região do Rio do Peixe, virou nome de Rua e graças a ele são atribuídos os títulos de Cajazeiras ser a “Terra do Padre Rolim” e “A Cidade que ensinou a Paraíba a ler”. (ALBUQUERQUE, 2010).

²¹ Otacílio Guimarães Jurema foi um Médico, Vereador em Cajazeiras, Prefeito de Cajazeiras (duas legislaturas: de 1951 a 1955 e 1959 a 1963), Secretário de Saúde do Estado – governo de Osvaldo Trigueiro (1947 a 1949) –, Deputado Estadual (1957 a 1958) e Federal (1963 a 1965) e suplente de Senador. Fonte: <https://coisasdecajazeiras.com.br/o-lider-freiotacilio-jurema/>. Acesso em set. 2019.

Grupo Escolar Dom Moisés Coêlho (Hoje E.E.E.F. Dom Moisés Coêlho) e em seguida transferida para o antigo prédio da sede dos Correios e Telégrafos, a Instituição era inicialmente mantida financeiramente pelas mensalidades dos alunos (ALBUQUERQUE, 2010).

Na época, a Escola oferecia o 1º e 2º grau (equivalente aos atuais Ensino Fundamental e Médio) e o Curso Técnico em Contabilidade, conferindo em 1955 a diplomação à primeira turma de Tecnolandos da cidade de Cajazeiras (PPP, 2018).

Em 1966, o Prefeito Municipal de Cajazeiras Francisco Matias Rolim, através da Lei nº 337 de 23 de fevereiro de 1966, aprovada pela Câmara de Vereadores de Cajazeiras, por meio de um processo de municipalização, colocou o Colégio Comercial para os domínios do município com a denominação de Escola Comercial Municipal Monsenhor Constantino Vieira, dando oportunidade para os estudantes de baixa renda adentrarem a Instituição (ALBUQUERQUE, 2010).

Vinte e três anos depois a Escola possuía dois anexos, um no Distrito de Divinópolis com uma turma equivalente ao atual 7º ano, e outro no Distrito de Engenheiro Ávidos, com uma turma equivalente ao atual 5º ano do ensino fundamental. Em 1991 a Instituição passa a integrar a Rede Pública Estadual de Ensino.

Em 1998, por determinação da Secretaria de Estado da Educação da Paraíba, através da Coordenação de Ensino Médio, a Escola foi notificada de que no ano de 2000 funcionaria a última turma de Ensino Profissionalizante. Esta modalidade de ensino passou a ser de responsabilidade do Governo Federal, através do Centro Federal de Educação Tecnológica da Paraíba (CEFET-PB), atual Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia da Paraíba (IFPB) (PPP, 2018).

A partir de 2001, a instituição passou a oferecer o Ensino Médio Regular, onde os professores que atuavam no antigo Ensino Profissionalizante foram realocados para ministrar disciplinas afins e/ou transferidos para outras escolas (PPP, 2018).

Atualmente (Figura 11), funcionam na Escola o Ensino Médio Regular, nos turnos manhã, tarde e noite e o Ensino Médio na Modalidade de Educação de Jovens e Adultos (EJA), no turno da noite. Estão matriculados na Instituição mil e vinte e cinco alunos, distribuídos em trinta e três turmas de Ensino Médio, sendo treze turmas de primeiro ano,

²² “Afonso Pereira foi professor universitário, um dos fundadores do curso de Direito da UFPB, e de diversas escolas de nível fundamental, médio e superior na Paraíba. Foi criador e presidente da Fundação Padre Ibiapina (FPI), presidente da Academia Paraibana de Letras (APL), membro do Instituto Histórico e Geográfico Paraibano (IHGP), provedor da Santa Casa de Misericórdia, deputado estadual, oficial do Exército Brasileiro, jornalista, diretor-fundador do jornal Correio da Paraíba e membro do Conselho de Notáveis deste jornal”. (SABINO, 2016, p. 51).

nove turmas de segundo ano, oito turmas de terceiro ano e três turmas de EJA. É uma Escola de referência na região, seu número de estudantes supera a de alguns municípios circunvizinhos, dentre os quais, alguns dos seus estudantes de nível médio se deslocam diariamente pra estudar no Comercial, entre eles alunos dos municípios de São José de Piranhas, Santa Helena, São João do Rio do Peixe e Cachoeira dos Índios. A Escola dispõe de um corpo docente formado por cinquenta e seis professores e professoras, além de vinte e seis funcionários, incluindo um interprete de Língua Brasileira de Sinais (LIBRAS).

Figura 11 - Escola Estadual de Ensino Fundamental e Médio Monsenhor Constantino Vieira.



Fonte: Dados da Pesquisa, 2019.

A primeira vista o Colégio Comercial apresenta-se com uma estrutura marcante na paisagem cajazeirense, apesar das inúmeras reformas que sofreu em sua trajetória, o prédio conserva as características da arquitetura de sua época, como bem descreve Santana (2016):

A Escola Monsenhor Constantino Vieira já passou por reformas no seu interior, mas a fachada da frente permanece com as características da época em que a mesma foi construída, apresentando uma arquitetura moderna do século XX na qual as barras verticais de concreto que separam as janelas retratam a arte cubista. A saliência do teto do térreo produz uma

ilusão de que o prédio fica quase que flutuando no ar formando um grande retângulo que enfeita a paisagem urbana da Avenida Padre Rolim (SANTANA, 2016, p. 2).

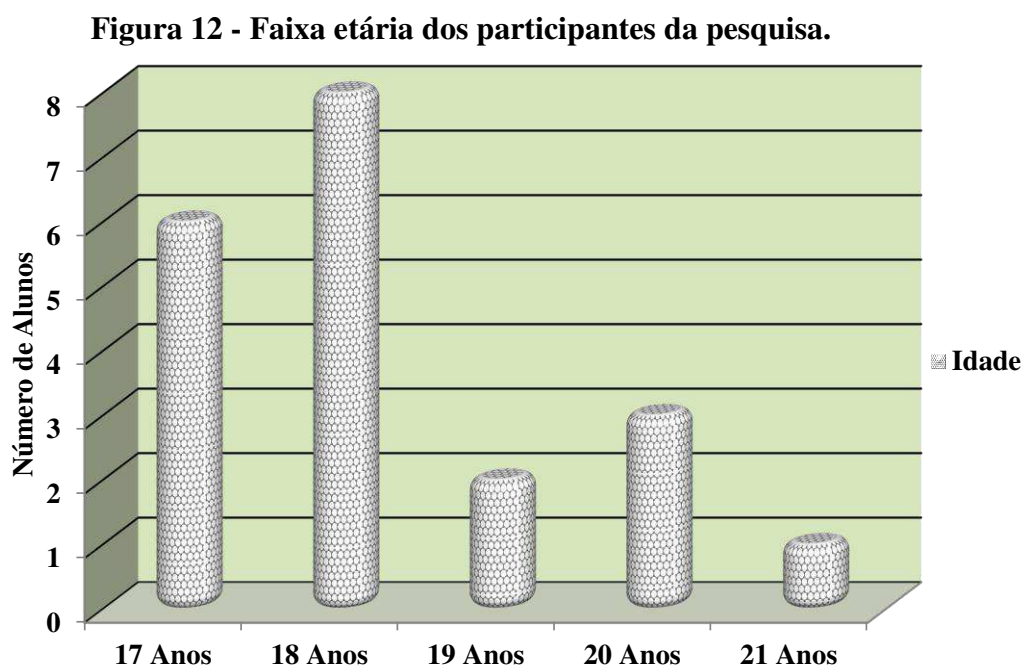
A Instituição é lembrada com orgulho pelas pessoas da Cidade. Com um IDEB de 3.93 a Escola apresenta um índice superior à média Nacional para a mesma modalidade de ensino. Além disso, o Comercial é referência na aprovação de alunos em exames vestibulares e no Exame Nacional do Ensino Médio (ENEM).

5. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Nesta seção discutiremos os resultados obtidos na pesquisa. Para isso levantaremos considerações acerca dos dados coletados com o questionário (Apêndice A). Os dados sofreram tratamento estatístico e foram classificados pela análise de conteúdo (BARDIN, 2002). Assim, foi possível organizá-los em tabelas e gráficos, facilitando a visualização e análise. Para tanto, apresentaremos três tópicos principais: a caracterização da turma, as considerações sobre a aplicação da SD e a análise dos dados coletados com o questionário.

5.1. Caracterização da turma

Para conhecermos os sujeitos da pesquisa aplicamos, junto ao questionário com as perguntas sobre N&N, outros sete questionamentos. Estas interrogativas versavam sobre dados pessoais dos estudantes, além de questionamentos sobre a trajetória Educação Básica e quanto à participação em atividades de experimentação nas aulas de Física.



Fonte: Dados da Pesquisa, 2019.

Participaram da pesquisa 20 discentes, dentre os quais 9 eram do sexo masculino (45%) e 11 eram do sexo feminino (55%). A princípio, investigamos, além do sexo, a faixa

etária da turma, como exposto no gráfico da Figura 12. Este dado é importante para percebermos a disparidade que poderia existir entre os discentes. Foi possível observar que, apesar de muitos não apresentarem idade própria para estarem cursando aquele ano, não encontramos grande diferença entre eles. Mas é interessante perceber que 70% dos investigados encontravam-se com idades superiores a dezessete anos, fato que nos faz refletir acerca da formação enquanto Educação Básica, prevista na LDB, para acontecer dos quatro aos dezessete anos de idade (BRASIL, 1996).

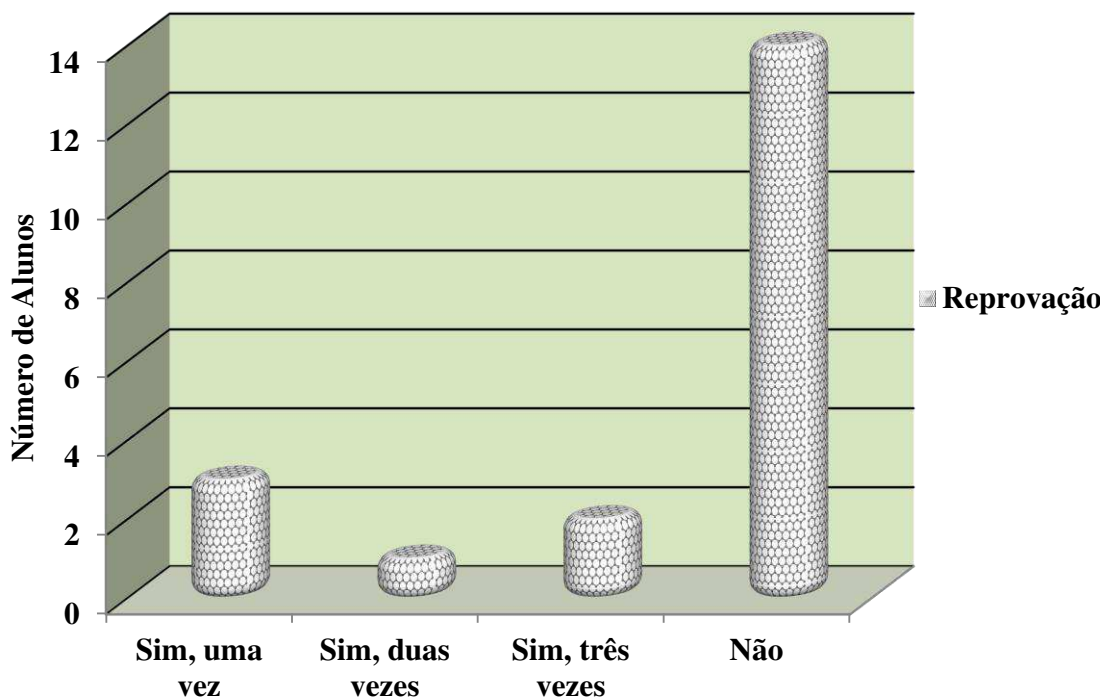
Outra informação levantada por meio do questionário dizia respeito a realização de trabalho remunerado por parte dos discentes. Sobre esse aspecto foi aferido que, 40% dos investigados afirmaram ter algum tipo de ocupação laboral. Esta relação com o mundo do trabalho pode influenciar negativamente o desempenho escolar, assim como, pode contribuir positivamente. Influencia negativamente quando o tempo destinado ao trabalho poderia ser dedicado aos estudos. Por outro lado, as vivências trazidas por estudantes trabalhadores para a sala de aula podem proporcionar discussões pertinentes quanto à aplicação de técnicas e processos. Estes saberes, segundo (BRASIL, 2006, p. 20), “[...] que cada um destes alunos-trabalhadores possui em função das atividades que realizam ou realizaram. Saberes, certamente, não escolares, mas saberes. Saberes a partir dos quais novos conhecimentos poderão ser construídos” podem favorecer um ambiente didático mais diversificado em termos conceituais. Todavia, não perguntamos qual tipo de ocupação estava sendo realizada e em que condições.

Apesar da Escola Estadual de Ensino Fundamental e Médio Monsenhor Constantino Vieira estar localizada na Zona Urbana de Cajazeiras – PB, seu alunado não se constitui apenas de pessoas desta parte do município. Este dado é ressaltado quando perguntamos onde residiam os participantes da pesquisa. Deste modo, observamos que, apesar da maioria residir na Zona Urbana, cerca de 75%, os outros 25% dos pesquisados moravam na Zona Rural. Este dado é interessante, pois o deslocamento até a escola e/ou as atividades no campo podem provocar certo desgaste físico e impactar diretamente nas atividades escolares. No entanto, como estes alunos dependem de transporte escolar para chegar à escola, sua pontualidade nas aulas é maior do que a dos alunos da Zona Urbana, além de mostrarem-se mais ativos quanto à realização de atividades.

Quando indagamos sobre o tipo de escola que frequentaram durante a Educação Básica até então, percebemos algumas diferenças. Apesar de a maioria, 75% dos investigados, terem frequentado somente escola pública, os outros 25% passaram algum período da sua vida escolar em instituições de ensino particulares. Dentre estes, 10% afirmaram ter passado

parte da Educação Básica em escola particular e parte em escola pública, além de outros 15% terem respondido que passaram a maior parte dos estudos na escola pública.

Figura 13 - Dados sobre reprovação dos participantes da pesquisa durante o ensino médio.



Fonte: Dados da Pesquisa, 2019.

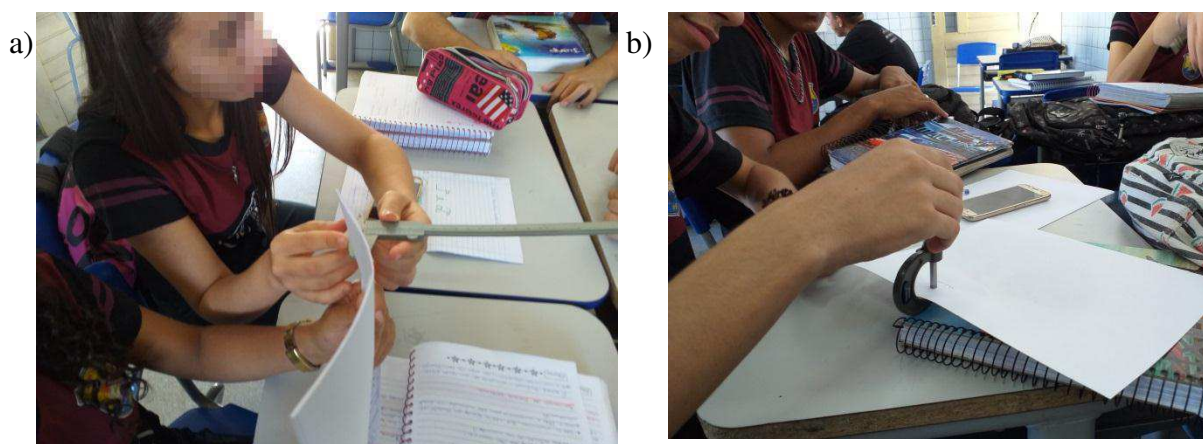
Quando indagados sobre insucessos durante o ensino médio, Figura 13, percebemos que a maioria da turma nunca ficou reprovada durante esta etapa da Educação Básica. Contudo, há um dado bastante preocupante, o de que 10% dos pesquisados já ficaram retidos três vezes no ensino médio. Além disso, outros 5% e 15% já foram reprovados duas vezes e uma vez, respectivamente. Refletir sobre estes dados nos faz perceber que a reprovação pode influenciar negativamente o desempenho escolar futuro, pois o discente pode se sentir incapaz de avançar e na primeira dificuldade pode até mesmo desistir dos estudos.

O último questionamento desta primeira parte do questionário referia-se à participação dos pesquisados em aulas de Física Experimental. Os questionários mostraram que 55% dos estudantes afirmaram participar frequentemente deste tipo de atividade, em contrapartida 45% disseram participar raramente de aulas de Física Experimental. No entanto, o saldo desta indagação é que as atividades de experimentação em Física são realizadas independentemente da frequência, ponto positivo para a problematização dos fenômenos em Física (GASPAR, 2014).

5.2.Considerações sobre a aplicação da sequência didática

Nesta seção faremos uma síntese sobre a aplicação da SD utilizada nesta pesquisa. Como dito na metodologia, esta sequência foi composta por um conjunto de cinco aulas com a abordagem de diferentes tópicos inseridos no contexto da N&N. Para tanto, buscamos trabalhar com atividades que não depreendessem demasiado custo e tempo, tendo em vista que as aulas tinham duração, em média, de quarenta minutos.

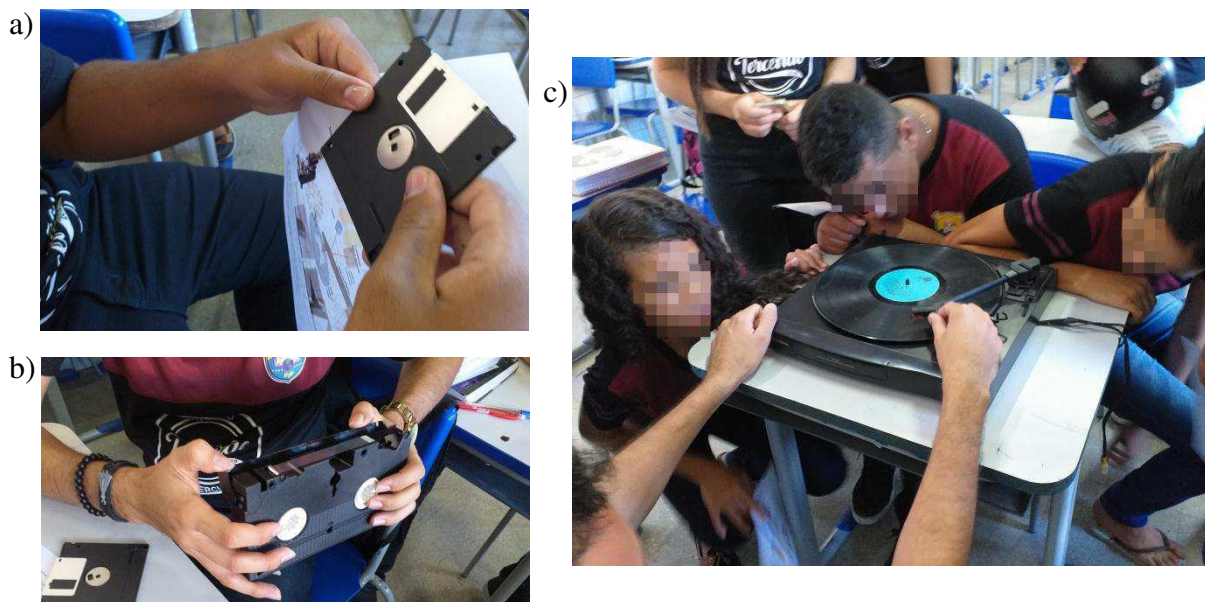
Figura 14 - Aula 1: O caminho de cima para baixo. Alunos fazendo a medida da espessura de uma folha de papel. a) Equipe que usou o paquímetro; b) Equipe que usou o micrômetro.



Fonte: Dados da Pesquisa, 2019.

Primeiramente apresentamos, na aula 1 (Figura 14), os instrumentos de medida para a turma, em seguida fomos a cada equipe para explicar o princípio de funcionamento de cada instrumento, mas sem especificar como iriam proceder para aferir a espessura da folha. A equipe que utilizou o micrômetro foi a primeira a terminar a medida, para isso utilizaram apenas uma página e obtiveram 0,1mm de espessura, que era o valor esperado. A equipe que utilizou a régua não conseguiu realizar a medida. Já a equipe que utilizou o paquímetro teve dificuldades para iniciar a medição, pois estavam utilizando apenas uma folha e não conseguiam fazer a leitura no instrumento, mas depois utilizaram o calhamaço com as onze folhas e obtiveram 0,1cm de espessura, em seguida dividiram esse valor pelo número de páginas e obtiveram a espessura de uma única folha, 0,01cm ou 0,1mm. Esta atividade gerou uma discussão sobre qual era o instrumento mais adequado para realizar a medida da espessura da folha, suscitando a percepção sobre a dificuldade de realizarmos certas medidas sem o uso de instrumentos propícios.

Figura 15 - Aula 2: A miniaturização e os efeitos do surpreendentemente pequeno. a) Aluno segurando um disquete; b) Aluno segurando uma fita cassete; c) Alunos observando a vitrola/toca discos.



Fonte: Dados da Pesquisa, 2019.

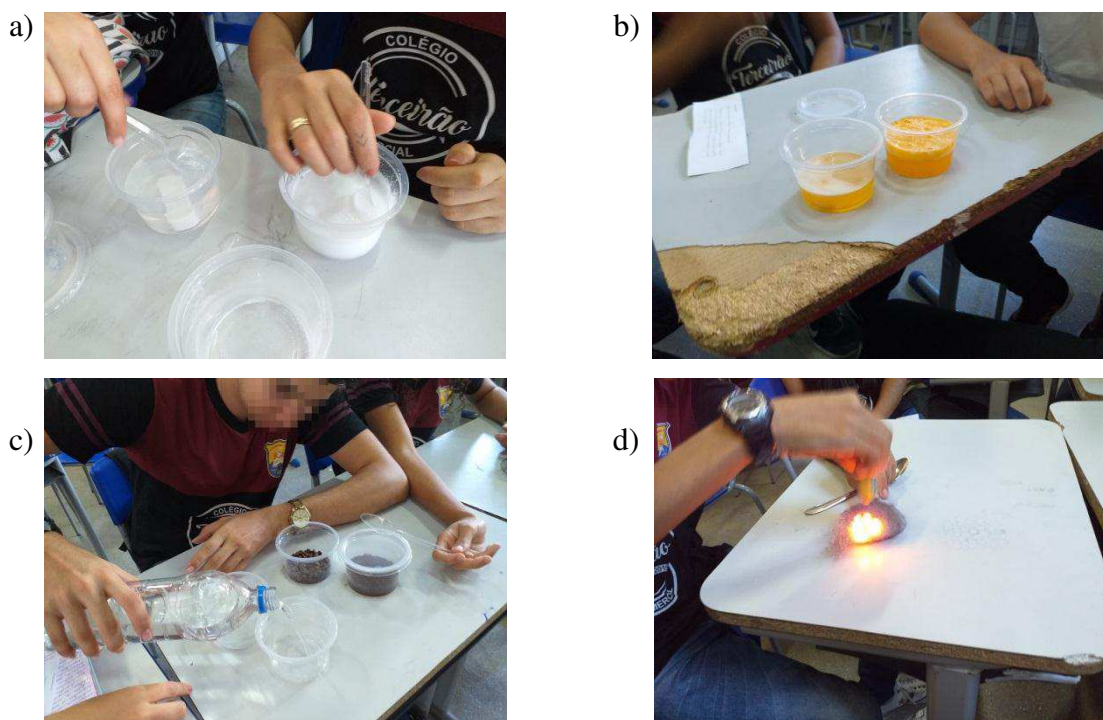
Na aula 2 (Figura 15), os alunos ficaram muito entusiasmados quando manipularam os dispositivos de armazenamento, além disso, perguntavam “como era possível fazer as coisas com um negócio que não cabe nada?” referindo-se a capacidade de armazenamento do disquete de apenas 1,44MB. Considerando que o objetivo central da atividade era provocar a reflexão sobre a evolução nos meios de armazenamento de dados e conseqüentemente a miniaturização dos sistemas, este foi alcançado.

Outro ponto fundamental da aula surgiu da motivação sobre a medida e observação de estruturas na nanoescala. A partir disso discutimos a diferença entre o microscópio óptico e o microscópio eletrônico de força atômica. Para tal, utilizamos algumas imagens dos microscópios e os diferentes meios de visualização utilizados em cada dispositivo. No caso do microscópio óptico, utilizamos o espectro eletromagnético da luz visível para relacionar seu comprimento de onda com as dimensões das nanoestruturas, e assim discutir a impossibilidade de visualização dos nanomateriais por meio desse equipamento.

Para o microscópio de força atômica, utilizamos como analogia a vitrola, pois este microscópio tem como princípio de funcionamento uma ponta muito fina que varre uma amostra e, a partir de deflexões de um laser, gera imagens do material. Já a vitrola utiliza uma

pequena agulha para identificar os sulcos gravados no disco de vinil e assim reproduzir as informações na forma de música (SCHULZ, 2007).

Figura 16 - Aula 3: *Materiais iguais, fenômenos diferentes.* a) Experimento 1; b) Experimento 2; c) Experimento 3; d) Experimento 4.



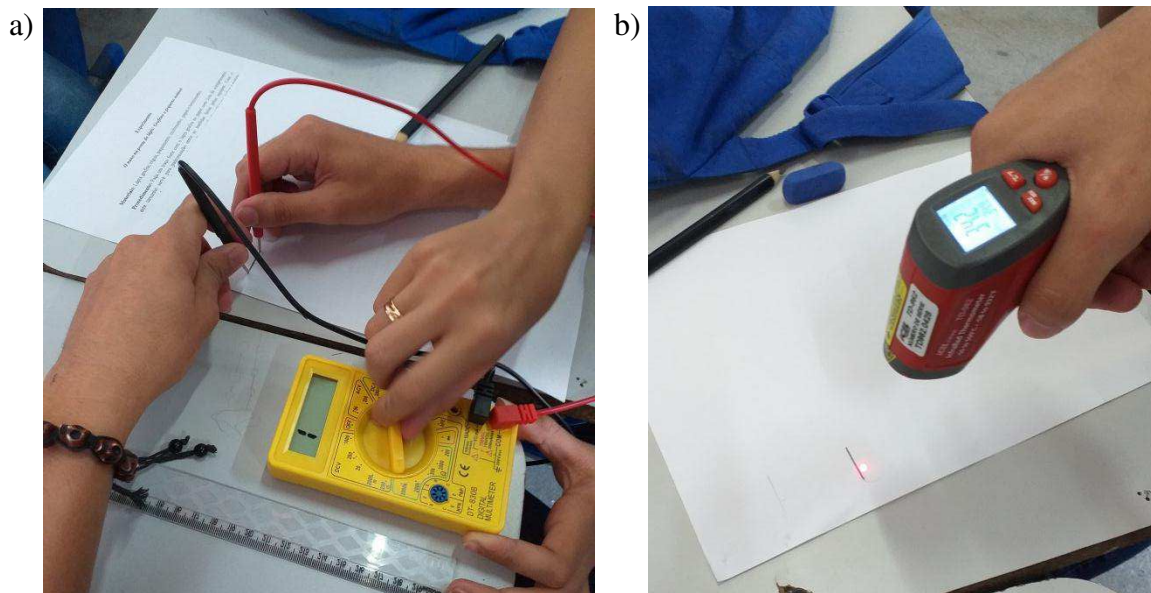
Fonte: Dados da Pesquisa, 2019.

Na aula 3 (Figura 16), de modo geral, todas as equipes participaram ativamente dos experimentos. Ao término das práticas as equipes deveriam socializar com as demais o que haviam realizado e observado. A partir das falas dos discentes, após a realização dos experimentos, foram discutidos os efeitos do aumento da área superficial, uma análise comparativa entre os dois procedimentos realizados em cada experimento. Foi possível perceber que, a pesar de serem materiais de fácil acesso e muitas vezes existentes nas suas casas, os discentes mostraram-se intrigados quanto ao que observavam.

Todas as práticas chamaram muito a atenção dos discentes, no entanto, a experiência com a palha de aço e a do café geraram mais curiosidades. A equipe que trabalhou com a palha de aço, a pilha e a colher ficou atônita quando iniciou a combustão. Já a do café, ao ser questionada “por que não fazemos ‘café’ com o grão?” conseguiram fazer associação direta com o diminuição no tamanho das partículas e por conseguinte o aumento da reatividade. Vale destacar que a equipe que trabalhou com o café conseguiu um “chá fraco” quando

misturaram café em grãos e água e uma bebida encorpada de “café forte” ao misturar o café em pó na água.

Figura 17 - Aula 4: O nano na ponta do lápis: Grafeno o pequeno notável. a) aferição da resistência elétrica do traço de grafite; b) aferição da temperatura do traço de grafite.



Fonte: Dados da Pesquisa, 2019.

Na aula 4 (Figura 17), após realizada a revisão da 2ª Lei de Ohm e coletados os dados a partir do experimento, as equipes calcularam a espessura do traço de grafite e posteriormente fizeram uma estimativa do número de camadas de grafeno existentes na amostra de grafite.

Os grupos tiveram dificuldades quanto ao manuseio do multímetro, apesar de afirmarem já terem utilizado o equipamento, mas durante a prática as dúvidas foram sendo sanadas. A síntese dos dados obtidos pelas equipes está disposta na Tabela 2.

Tabela 2 - Dados obtidos pelas equipes para o experimento da aula 4.

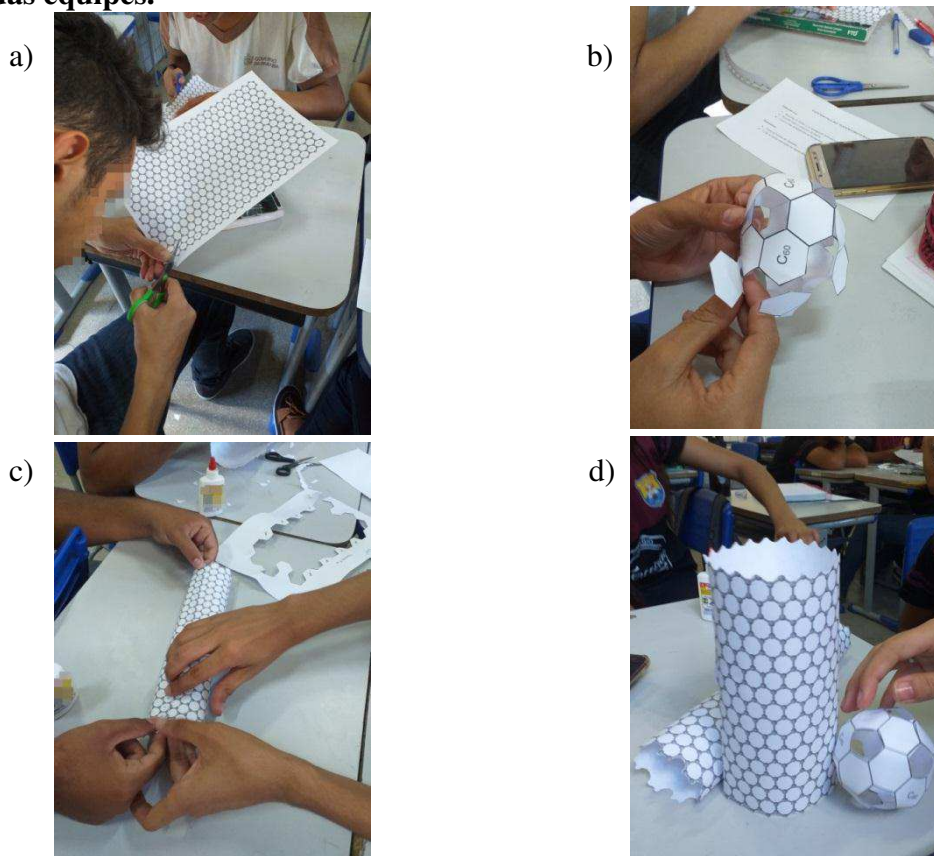
Equipe	Parâmetro medido				
	Largura (m)	Resistência (Ω)	Temperatura ($^{\circ}\text{C}$)	Espessura (m)	Nº de camadas
1	$0,1 \times 10^{-2}$	180×10^3	34,6	$6,7 \times 10^{-9}$	-
2	$0,1 \times 10^{-2}$	180×10^3	34,0	-	-
3	$0,1 \times 10^{-2}$	$36,4 \times 10^3$	34,4	33×10^{-9}	-

Fonte: Dados da Pesquisa, 2019.

A Tabela 2 é assim apresentada para evidenciarmos que, devido ao tempo disponível para a aula, as equipes não conseguiram sintetizar todos os dados. A equipe 2, apesar de ter obtido valores semelhantes aos da equipe 1, não conseguiram concluir a estimativa da espessura do traço. Além disso, nenhuma das equipes conseguiu chegar ao ponto de avaliar quantas camadas tinham na amostra analisada, esta última parte ficou como atividade de casa.

Embora a atividade não tivesse sido totalmente finalizada naquela aula os resultados obtidos vão além dos dados quantitativos. A interação dos estudantes com a manipulação dos equipamentos e o trabalho com algo tão comum no dia a dia, o grafite, promoveram a curiosidade e o interesse da turma em saber quais seriam os resultados e se realmente era possível fazer tal aferição. Para mais, quando não conseguiam fazer a medida da resistência elétrica na primeira tentativa, as equipes levantavam hipóteses sobre o que estava impedindo tal aferição, dentre estas, foram apontadas a distribuição do grafite no traço e a escala utilizada para medir a resistência elétrica com o multímetro, em seguida, estas falhas foram corrigidas e assim conseguiram obter os dados.

Figura 18 - Aula 4: Fazendo macro “nanoestruturas”. a) Aluno recortando modelo para confecção de nanotubo; b) Aluna montando o fulereno C_{60} ; c) Alunos montando nanotubo do tipo *armchair*; d) Fulereno C_{60} e nanotubos de carbono confeccionados por uma das equipes.



Fonte: Dados da Pesquisa, 2019.

Na aula 4 (Figura 18), discutimos de maneira simples e com materiais comuns como cola branca, tesoura sem ponta e fita adesiva, os modelos teóricos para obtenção destes nanomateriais. Discutimos também como o carbono é versátil em alótropos e como a simples modificação no procedimento de enrolar a folha altera a estrutura e as propriedades do material. Para além disso, os discentes interagiram entre si para compreender como cada corte no papel e cada forma de colar a folha formavam estruturas diferentes. Na confecção dos fulerenos, por exemplo, cada junção dos hexágonos vizinhos, como proposto no procedimento, fazia surgir pentágonos na estrutura e assim atribuíamos à curvatura característica deste nanomaterial, que, como produto final, obtínhamos uma “bola”, nas palavras dos alunos, a partir de um plano.

Em síntese, este conjunto de atividades, na sua maioria desenvolvida em grupos, proporcionaram momentos significativos para a discussão dos conceitos básicos que envolvem à N&N. Estas interações perpassam os conteúdos programáticos e adentram no campo do sociointeracionismo (VYGOTSKY, 1994). É a partir deste ponto que Carvalho (2013), ao classificar os intercâmbios emergentes nas atividades em grupo, enfatiza que:

O trabalho em grupo sobe de *status* no planejamento do trabalho em sala de aula passando de uma atividade optativa do professor para uma necessidade quando o ensino tem por objetivo a construção do conhecimento pelos alunos. [...] É o que chamamos de atividades sociointeracionistas. (CARVALHO, 2013, p. 5).

É por intermédio de atividades desta natureza que proporcionamos protagonismo aos discentes. Trabalhar as discussões em sala de aula a partir das concepções dos estudantes nos proporciona distanciamento de um modelo fechado de ensino, no qual só o professor detém o conhecimento e sabe construir percepções sobre os fenômenos. Nesta perspectiva, colocamos o pensamento do aluno a serviço da sua aprendizagem e dos demais estudantes, um encadeamento de ideias por meio do sociointeracionismo.

A manipulação de experimentos, o levantamento de hipótese e as considerações sobre atividades investigativas promovem um conjunto de habilidades e competências essenciais para a formação de uma percepção crítica nos discentes, que vão desde a investigação e compreensão, até a representação e comunicação dos fenômenos observados (BRASIL, 2002).

Como pontuam Sasseron e Machado (2017):

[...] as interações em sala de aula são fatores decisivos para que os alunos se desenvolvam na Alfabetização Científica. Entre elas, a argumentação, a interação professor-aluno, aluno-aluno, aluno-objeto, entre tantas outras que interferem na forma que os estudantes realizam tais atividades. (SASSERON & MACHADO, 2017, p. 30).

Para tanto, podemos avaliar que atividades simples, e em muitos casos de baixo custo, podem favorecer ambientes didáticos propícios para a construção do conhecimento. Ademais, compreender que a prática em sala de aula é envolvida por inúmeras variáveis é o passo inicial para outra reflexão, a de que o planejamento é importantíssimo na execução das atividades, devendo ser flexível e buscando atender às peculiaridades do público a quem se destina. Sem levar em consideração estas ponderações, as interações que poderiam emergir destas atividades são diminuídas e podem não ser suficientes para alcançarmos os objetivos esperados.

5.3. Análise dos questionários

Como mencionado na metodologia utilizamos a análise de conteúdo para categorizar as respostas obtidas com os questionários (BARDIN, 2002). As respostas foram colhidas em dois momentos diferentes, antes e depois da aplicação da SD, nos dias 02 e 18 de setembro de 2019. Os participantes tiveram o tempo equivalente a uma aula para responder ao questionário, cerca de quarenta minutos.

Conforme mostrado na Tabela 3, na primeira aplicação observamos que apenas 5% da turma conseguiu expressar corretamente o conceito de nanotecnologia, já na segunda aplicação passamos a observar que 10% dos pesquisados responderam adequadamente. Este conceito, apesar de apresentar variações na literatura, está basicamente ligado à manipulação atômica e molecular, tendo como propósito principal seu uso em aplicações tecnológicas (ALVES, 2004).

Tabela 3 - Respostas para a primeira pergunta: “Se a pergunta feita pelo passageiro do meio no último quadrinho ‘Mas... o que é essa tal de nanotecnologia?’ fosse direcionada para você, o que você responderia?

CATEGORIA	1ª APLICAÇÃO		2ª APLICAÇÃO	
	FA (n°)	FR (%)	FA (n°)	FR (%)
Ciência que estuda a manipulação atômica e molecular	1	5	2	10
Tecnologia avançada	7	35	0	0
Materiais/partículas e/ou moléculas pequenas	3	15	12	60
Uma ciência	1	5	0	0
Algo usado no mundo social	1	5	0	0
É o que usa para virar o homem formiga	1	5	0	0
Aparelhos pequenos	0	0	2	10
Analizou outro quadrinho	1	5	1	5
Não sei	2	10	2	10
Não respondeu	3	15	1	5

FA: Frequência amostral e FR: Frequência relativa. Fonte: Dados da Pesquisa, 2019.

Outas respostas como *tecnologia avançada* (35% na primeira aplicação), *algo usado no mundo social* (5% na primeira aplicação) e *é o que usa para virar o homem formiga* (5% na primeira aplicação), revelam um conhecimento superficial e em alguns casos distorcido sobre a temática. No entanto, quando nos deparamos com categorias como *materiais/partículas e/ou moléculas pequenas* (15% na primeira aplicação e 60% na segunda aplicação) e *aparelhos pequenos* (10% na segunda aplicação), apesar de não anunciarem diretamente o conceito de nanotecnologia, percebemos uma aproximação maior com o universo conceitual da N&N, em comparação com as respostas da primeira aplicação do questionário.

Como se referem a conhecimentos alternativos, na primeira aplicação, o que é observado nas respostas está ligado diretamente a experiências adquiridas durante a formação dos estudantes, seja a partir de vivências extraescolares ou por intermédio da educação formal propriamente dita (LAHERA & FORTEZA, 2006). Este tipo de concepção, como argumentam Lahera e Forteza (2006):

[...] enfatiza o fato de que se trata, em um primeiro nível, de um conjunto de ideias coordenadas e imagens coerentes, explicativas, utilizadas pelas pessoas que aprendem para raciocinar diante de situações-problema, e sobretudo evidencia a ideia de que este conjunto traduz uma estrutura mental subjacente, responsável por estas manifestações conceituais. (LAHERA & FORTEZA, 2006, p. 20-21).

O distanciamento entre o que é expresso nas concepções alternativas e o que é teorizado pelo conhecimento científico pode ser minimizado por meio de práticas pedagógicas que priorizem a contextualização dos saberes, construindo, como bem argumenta Sasseron e Machado (2017, p. 9), “pontes entre a Ciência que se apresenta aos alunos e o mundo em que eles vivem”, assim estaremos aprimorando a ligação ciência-mundo, “um dos propósitos da escola nos dias de hoje”.

Tabela 4 - Respostas para a segunda pergunta: “Imagine a seguinte situação, uma pessoa pega dois baldes com água, em um deles adiciona sabão em pó e mexe até que todo o sabão seja dissolvido, no outro balde adiciona a mesma quantidade de sabão, porém utiliza sabão em barra, e repete o mesmo processo. O que é observado se compararmos os dois processos? Justifique sua resposta.”

CATEGORIA	1ª APLICAÇÃO		2ª APLICAÇÃO	
	FA (n°)	FR (%)	FA (n°)	FR (%)
O sabão em pó dissolve mais rápido que o sabão em barra porque possui maior área superficial	1	5	2	10
O sabão em pó dissolve mais rápido	9	45	13	65
O sabão em pó dá mais espuma	3	15	0	0
O sabão em pó tem moléculas menores e o sabão em barra moléculas maiores	1	5	3	15
Eles vão se misturar	1	5	0	0
Um deles não dissolve	1	5	0	0
Os dois se dissolvem	1	5	0	0
Não sei	0	0	1	5
Não respondeu	3	15	1	5

FA: Frequência amostral e FR: Frequência relativa. Fonte: Dados da Pesquisa, 2019.

A segunda pergunta estava relacionada à variação da área superficial devido ao aumento do número de partes individuais no sabão em pó em relação ao sabão em barra. Este conceito é muito importante para o entendimento da N&N, tendo em vista que quando diminuimos o tamanho das partes que compõem o material, e conseqüentemente aumentamos a sua área superficial, novos fenômenos são observados, como por exemplo, a mudança de coloração e o aumento da reatividade (ELLWANGER et al., 2014).

Na Tabela 4 obtivemos como respostas mais condizentes ao conceito de aumento da área superficial 5% na primeira e 10% na segunda aplicação do questionário. Todavia, outras respostas, apesar de estarem corretas ou mesmo se aproximarem da explicação, não explicitavam a relação área/volume como fenômeno mais contundente do problema, como por exemplo, *o sabão em pó dissolve mais rápido* (45% na primeira aplicação e 65% na segunda

aplicação) ou ainda *o sabão em pó tem moléculas menores e o sabão em barra moléculas maiores* (5% na primeira aplicação e 15% na segunda aplicação).

A interpretação destes resultados alinha-se aos caracteres gerais apontados por Driver (1992 *apud* LAHERA & FORTEZA, 2006) como determinantes para compreendermos sobre as concepções científicas dos alunos e seu desenvolvimento, são eles:

1. A existência de ideias de senso comum sobre fenômenos naturais.
2. As ideias dos alunos em relação à ciência tendem a coincidir com suas experiências diárias.
3. A ideia que um aluno pode utilizar em uma situação concreta depende do contexto.
4. As ideias que as crianças utilizam evoluem com a idade.
5. A maneira como as ideias dos alunos progridem implica mudança ou reestruturação de conceituações básicas.
6. Algumas concepções são, apesar da instrução, resistentes à mudança; este é o caso concreto de quando as ideias da ciência são contrárias à intuição. (DRIVER, 1992 *apud* LAHERA & FORTEZA, 2006, p. 21).

As respostas que mais se associam às ideias de senso comum e a experiências diárias dos discentes estão expressas na primeira aplicação do questionário, a exemplo de *o sabão em pó dá mais espuma* (15%). Nestes casos, apesar de conjecturarem de forma correta quanto aos fenômenos que seriam observados, não conseguiram, antes da aplicação da SD, responder substancialmente sobre o aumento da área superficial ou mesmo pela diminuição no tamanho das partículas.

Na segunda aplicação do questionário as ideias de senso comum ganharam outras formas. A interação das concepções alternativas com os conhecimentos de caráter científico provoca, na maioria das vezes, a reestruturação dos saberes e assim proporciona um novo conhecimento. Essa transição ocorre a partir de conflitos cognitivos, construídos em meio a práticas pedagógicas que valorizem e estimulem a curiosidade e a criatividade dos estudantes, com objetivo de que “possam questionar as razões de um fenômeno e entendê-lo” (SASSERON & MACHADO, 2017, p. 28).

A terceira pergunta discutia a possibilidade de aferirmos a espessura de um traço feito com um lápis grafite. Dimensões da ordem da espessura de uma folha de papel e de um fio de cabelo são perceptíveis ao nosso tato, por outro lado o relevo de um traço leve feito por uma caneta ou um lápis não é muito sensível aos nossos dedos (SCHULZ, 2007). Levantar hipóteses sobre os possíveis procedimentos que poderiam ser adotados para esta medida era o objetivo central desta indagação.

Tabela 5 - Respostas para a terceira pergunta: ‘Faça um risco com seu lápis grafite. Você acha que seria possível medir a espessura do traço desenhado? De que maneira?’

CATEGORIA	1ª PLICAÇÃO		2ª APLICAÇÃO	
	FA (n°)	FR (%)	FA (n°)	FR (%)
Sim, com o multímetro	0	0	12	60
Não	3	15	0	0
Sim, com uma régua	9	45	1	5
Sim, com uma régua que mede em tamanho nanométrico	0	0	1	5
Sim, com o paquímetro	0	0	1	5
Sim, com equipamento adequado	2	10	3	15
Sim, pela largura do traço	1	5	0	0
Pela espessura do desenho	1	5	0	0
Com um medidor	1	5	0	0
Não sei	2	10	1	5
Não respondeu	1	5	1	5

FA: Frequência amostral e FR: Frequência relativa. Fonte: Dados da Pesquisa, 2019.

Na primeira aplicação do questionário obtivemos como respostas mais recorrentes: *não* (15%) e *sim, com uma régua* (45%). Podemos relacioná-las ao desconhecimento de métodos e/ou equipamentos de medida pelos discentes, assim como compreendemos que não souberam diferenciar as dimensões do traço, ou seja, confundiram a largura e o comprimento com a espessura.

Após a aplicação da SD foi possível observar que a maioria das respostas ficaram direcionadas para: *sim, com o multímetro* (60%) e *sim, com o equipamento adequado* (15%). Atribuímos esta mudança, principalmente, ao trabalho desenvolvido com a SD, mais especificamente na aula 4, cuja atividade central foi a aferição da espessura de um traço de grafite.

Apesar de não utilizarmos diretamente o multímetro para verificarmos a espessura do traço, mas sim na aferição da resistência elétrica, este foi apontado como método ou equipamento capaz de realizar tal medida, revelando uma associação equivocada ou mesmo

incompleta sobre o problema. Embora ainda observarmos na segunda aplicação respostas como: *sim, com uma régua (5%), sim, com uma régua que mede em tamanho nanométrico (5%)* e *sim, com um paquímetro (5%)*, consideramos que houve, na maioria das respostas, uma mudança conceitual quanto à possibilidade de aferirmos a espessura do traço de grafite.

Para além desta interpretação, vale destacar que a atividade realizada na aula 4, quanto à aferição da espessura do traço de grafite, alinha-se ao exposto pelos PCNEM sobre a investigação e compreensão dos fenômenos por meio do conhecimento de medidas, quantificações, grandezas e escalas. Os PCNEM consideram importante o “uso de formas e instrumentos de medida apropriados para estabelecer comparações quantitativas”, assim como, as “estimativas de ordens de grandeza para poder fazer previsões”, aspectos que foram abordados na SD (BRASIL, 2002, p. 66).

Tabela 6 - Respostas para a quarta pergunta: “Você acha possível observar átomos e/ou moléculas? De que maneira?”

CATEGORIA	1ª APLICAÇÃO		2ª APLICAÇÃO	
	FA (n°)	FR (%)	FA (n°)	FR (%)
Sim, com o microscópio de força atômica	0	0	5	25
Sim, com microscópio eletrônico	0	0	2	10
Sim, com microscópio	13	65	7	35
Sim, com telescópio	2	10	1	5
Sim, com o telescópio de força atômica	0	0	1	5
Sim, com um telescópio específico	0	0	1	5
Sim, não sei de que maneira	1	5	0	0
Não	1	5	0	0
Não sei	0	0	2	10
Não respondeu	3	15	1	5

FA: Frequência amostral e FR: Frequência relativa. Fonte: Dados da Pesquisa, 2019.

Quando indagamos sobre a possibilidade de observarmos átomos e moléculas queríamos saber em qual ponto estavam as percepções dos discentes quanto ao conhecimento dos diferentes métodos de microscopia. Conseguir distinguir os limites para o uso de diferentes instrumentos de medida e de observação em microscopia é fundamental para percebermos as dimensões que envolvem a micro e a nanoescala, compreendendo ainda como os diferentes mecanismos utilizados na microscopia interagem com a matéria e assim conseguimos visualizar estruturas diminutas.

Nas respostas ao questionamento 4, Tabela 6, percebemos três como mais recorrentes na primeira aplicação: *sim, com microscópio (65%), sim, com telescópio (10%)* e *não respondeu (15%)*. Na segunda aplicação do questionário obtivemos quatro recorrências

principais: *sim, com o microscópio de força atômica (25%), sim, com microscópio eletrônico (10%), sim, com microscópio (35%) e não sei (10%)*. Nas respostas dos discentes podemos observar uma transição da interpretação que tinham sobre o microscópio, passando da generalização do tipo de equipamento para a diferenciação em outros tipos de dispositivos.

Quando apresentamos conceituações mais específicas da ciência, como a diferenciação entre microscópio óptico e o microscópio de força atômica, “muitos alunos não têm dimensões científicas deles, mas certamente possuem algum conhecimento prévio adquirido na vida” (SASSERON & MACHADO, 2017, p. 39). São esses conhecimentos que atrelados à linguagem e as interações discursivas em sala de aula “que professores e alunos constroem as bases para um ensino que privilegie a Alfabetização Científica” (SASSERON & MACHADO, 2017, p. 39).

Na última pergunta do questionário trazíamos a problemática sobre a existência ou não de familiaridade entre dois materiais, o grafite e o diamante. Os dois minerais são compostos por átomos de carbono, mas apresentam propriedades físicas distintas, principalmente por causa do arranjo dos átomos na rede cristalina (KITTELL, 2013). O ponto chave desta pergunta esta relacionado diretamente a possibilidade de dois materiais terem a mesma composição e ao mesmo tempo apresentarem diferenças.

Tabela 7 - Respostas para quinta pergunta: “O diamante é uma pedra preciosa de alto valor comercial. O grafite, por sua vez, é um material de baixo custo utilizado inclusive em lápis. Existe algo em comum entre esses materiais? Justifique sua resposta.”

CATEGORIA	1ª APLICAÇÃO		2ª APLICAÇÃO	
	FA (n°)	FR (%)	FA (n°)	FR (%)
Sim, são feitos de carbono	2	10	3	15
Sim, são feitos do mesmo material	1	5	4	20
Sim, ambos podem riscar	4	20	4	20
Sim, o valor	3	15	1	5
Sim, ambos são minerais	1	5	4	20
Sim, sua espessura	2	10	0	0
Sim	0	0	2	10
Fazem parte da natureza	1	5	0	0
O grafite é fácil de quebrar	1	5	0	0
O grafite é mais resistente	1	5	0	0
Não sei	1	5	1	5
Não respondeu	3	15	1	5

FA: Frequência amostral e FR: Frequência relativa. Fonte: Dados da Pesquisa, 2019.

Quando nos voltamos para as respostas apresentadas na Tabela 7, observamos que na primeira aplicação do questionário 10% dos discentes conseguiram associar o fato de ambos

serem compostos por carbono como ponto comum, em oposição a 15% na segunda aplicação. Outra categoria importante está relacionada à resposta *sim, são feitos do mesmo material* (5% na primeira aplicação e 20% na segunda aplicação), nela, apesar de não expressarem qual seria o material em comum, conseguiram associar a composição química com a familiaridade entre os dois.

No entanto, categorias como: *não respondeu* (15% na primeira aplicação e 5% na segunda aplicação), *sim, ambos podem riscar* (20% na primeira aplicação e 20% na segunda aplicação), *sim, o valor* (15% na primeira aplicação e 5% na segunda aplicação), *sim, ambos são minerais* (5% na primeira aplicação e 20% na segunda aplicação) e *sim, sua espessura* (10% na primeira aplicação), revelam respostas equivocadas e/ou incompletas para a questão, mas que devem ser levadas em consideração para percebermos que não existe homogeneidade nos processos que promovem a aprendizagem. Estamos diante de pensamentos diversos, mesmo quando submetemos os discentes aos mesmos procedimentos de ensino.

Questionamentos como este da quinta pergunta nos fazem refletir sobre a própria natureza do que vem a ser um problema e como este pode proporcionar discussões relevantes para a AC. Nesta perspectiva, Carvalho (2013), ao fazer uma releitura das ideias de Bachelard (1938), nos diz que:

todo o conhecimento é resposta de uma questão. Entretanto não deve ser uma questão ou um problema qualquer. Essa questão ou este problema, para ser uma questão para os alunos, deve estar dentro de sua cultura, sendo interessante para eles de tal modo que se envolvam na busca de uma solução e na busca desta solução deve-se permitir que exponham seus conhecimentos espontâneos sobre o assunto. (CARVALHO, 2013, p. 6).

Compreender como ocorrem as transformações dos conhecimentos prévios em novas formas de saber é indubitavelmente primordial para a avaliação das atividades didáticas. Além disso, planejar atividades e criar situações de ensino embasadas nos conhecimentos espontâneos dos discentes é fundamental quando o objetivo é a AC.

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Ao fazermos uma reflexão geral sobre o trabalho percebemos que, após a elaboração da SD, da escolha das perguntas que seriam colocadas no questionário e da aplicação da SD em sala de aula, as discussões afloradas nestes momentos foram relevantes para a AC.

Inicialmente, ao nos remetermos à revisão da literatura realizada nesta pesquisa, foi possível perceber que ainda existe um número reduzido de publicações relacionadas à N&N e sua implementação na Educação Básica. Porém, algumas iniciativas com intuito de discutir a N&N em aulas de Física foram identificadas. Além disso, nos documentos orientadores da educação, como os PCNEM e DCNEB, algumas referências alusivas à temática nos fazem refletir sobre a importância de trabalharmos com a N&N em sala de aula.

Durante a elaboração da SD, depois de muitas reformulações e adequações, priorizamos a escolha de atividades que não depreendessem demasiado custo e tempo. A seleção das propostas de ensino seguiu o critério de adequação a série/turma que seria aplicada, igualmente, adaptamos cada atividade aos recursos disponíveis na escola e ao espaço-tempo disponível para cada aula.

No que se refere ao instrumento de coleta de dados utilizado consideramos que foi adequado para a proposta de trabalho, ainda que, em alguns casos, avaliamos a necessidade de adequações das perguntas, o que iria facilitar a compreensão dos pesquisados. Entretanto, não encontramos muitas dificuldades durante a aplicação e reaplicação do questionário.

Quanto ao trabalho com a SD em sala de aula propriamente dito, podemos perceber que foi suficiente para abordarmos conceitos introdutórios sobre N&N na Educação Básica. Todavia, vale destacar que o tempo para a realização das atividades na escola foi lacônico e preciso em cada aula.

Diante dos resultados discutidos nesta pesquisa foi possível fazermos uma análise comparativa entre o cenário anterior e posterior à aplicação da SD. De modo geral, após a primeira aplicação do questionário, nos deparamos com ideias e hipóteses mais equivocadas a respeito dos fenômenos e conceitos apresentados nas questões. Quando analisamos as respostas da segunda aplicação, apesar de ainda encontrarmos equívocos, percebemos uma mudança substancial nas concepções alternativas dos discentes. Atribuímos estas modificações ao trabalho realizado com a SD, no entanto, como era esperado, algumas ideias apresentaram resistência à mudança e tenderam a manter o *status quo*.

Mesmo apresentando dificuldades na compreensão de conceitos básicos de conversão de unidades, múltiplos e submúltiplos do metro, de resistência elétrica e até mesmo de

compreensão textual, os discentes mostraram-se motivados e participativos durante todas as fases da SD. Estas dificuldades foram sendo superadas no decorrer de cada atividade, de modo que, conseguissem acompanhar de forma satisfatória o andamento das discussões.

Para tanto, consideramos que o conjunto de atividades utilizadas na SD e as interações entre os alunos e o objeto de estudo, a N&N, durante cada prática de ensino, foram importantes instrumentos para a promoção de mudanças conceituais.

A pesquisa também nos mostrou que os currículos da Educação Básica, em sua maioria, ainda não privilegiam a abordagem da N&N em aulas de Física. Contudo, foi possível apresentarmos uma possibilidade simples, e ao mesmo tempo bem estruturada, para discutirmos a N&N na Educação Básica. Assim, evidenciamos que a construção de propostas de ensino com a N&N podem ser realizadas com materiais comuns como palha de aço, lápis grafite e pastilhas efervescentes, desmistificando a ideia de que tal abordagem só pode ser realizada com dispendioso custo e instrumentos sofisticados.

A presente pesquisa não encerra as discussões sobre a temática, pelo contrário, abre caminho para novas interpretações, adaptações e reformulações da proposta. Nesse sentido, almejamos que esta investigação sirva de base para o desenvolvimento de outras propostas de trabalho com a N&N na Educação Básica. Além disso, podemos vislumbrar a possibilidade de ampliarmos a discussão para outras séries da Educação Básica, desde quando trabalhamos com as unidades de medida no ensino fundamental até à FMC no ensino médio. As possibilidades de trabalho com a ciência do surpreendentemente pequeno na escola básica elucidam um leque interdisciplinar muito grande de aplicabilidades, a partir destas possibilidades pontuamos a importância de construirmos um currículo que seja ao mesmo tempo atento às inovações de caráter científico e promotor da AC.

REFERÊNCIAS

AGÊNCIA BRASILEIRA DE DESENVOLVIMENTO INDUSTRIAL. **Panorama nanotecnologia**. – Brasília: ABDI, 2010. 180p.

_____. **Nanotecnologias: subsídios para a problemática dos riscos e regulação**. – Brasília: ABDI, 2011. 50p.

ALBUQUERQUE, S. F. **Práticas de Leitura em Cajazeiras-PB (décadas de 1930 a 1950) memórias de ex professoras**. Dissertação. Universidade Federal da Paraíba. João Pessoa-PB, 2010. 77p.

ALFONSO-GOLDFARB, A. M. **O que é história da ciência**. 1. ed. São Paulo – SP: Brasiliense. 1994. 93p.

ALVES, O. L. Nanotecnologia, nanociência e nanomateriais: quando a distância entre o presente e o futuro não é apenas quentão de tempo. **Parceria Estratégicas**, n. 18, p. 23-40, 2004.

ARENAL, R.; LOPEZ-BEZANILLA, A. In Situ Formation of Carbon Nanotubes Encapsulated within Boron Nitride Nanotubes via Electron Irradiation. **ACS Nano**. v. 8, p. 8419-8425, 2014.

AULER, D.; DELIZOICOV, D. Alfabetização científico-tecnológica para quê?. **Pesquisa em Educação em Ciências**. v. 3, p. 122-134, 2001.

BARDIN, L. **Análise de Conteúdo**. São Paulo – SP: Edições 70, 2002. 225p.

BASSALO, J. M. F. O prêmio Nobel de Física de 2010. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**. v. 28, p. 205-213, 2011.

BERNARDO, G. A. M; LOPES, M. D; AZEVEDO, S. A. F. Estudo teórico sobre as propriedades eletrônicas de nanoestruturas de carbono e h-BN. **Pesquisa e Ensino em Ciências Exatas e da Natureza**. p. 71-81, 2018.

_____; LOPES, M. D. Nanociência e nanotecnologia no ensino de física: uma análise quantitativa em periódicos nacionais. *In*: Congresso Nacional de Pesquisa e Ensino em Ciências, 2. **Anais**. Campina Grande – PB, 2017.

_____; FIGUEIREDO, G. A.; LOPES, M. D. **Nanociência e nanotecnologia no ensino de física: um diálogo possível**. *In*: Encontro de Pesquisa em Ensino de Física, 16. Natal – RN, p. 1-8, 2016.

BETHUNE, D. S.; KIANG, C. H.; VRIES, M. S.; GORMAN, G.; SAVOY, R.; VAZQUEZ, J.; BEYERS. Cobalt-catalysed growth of carbon nanotubes with sing-atomic-layer wall. **Nature**. v. 363, p. 605–607, 1993.

BRASIL. Ministério do Planejamento, Orçamento e Gestão. **Plano Plurianual 2004-2007 Mensagem Presidencial**. Brasília – DF: MP, 2003. 184p. Disponível em: <<http://www2.camara.leg.br/orcamento-da-uniao/leis-orcamentarias/ppa/2004-2007/ppa-2004-2007/mensagempresidencial.PDF>>. Acesso em 17 de nov. 2018.

BRASIL. Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação. **Portaria Nº 245, de 5 de abril de 2012**. Institui o Sistema Nacional de Laboratórios em Nanotecnologias - SisNANO como um dos elementos do Programa Nacional de Nanotecnologia, no âmbito da Estratégia Nacional de Ciência, Tecnologia e Inovação e associado ao Plano Brasil Maior. Brasília – DF: MCTI, 2012. Disponível em: <http://www.lex.com.br/legis_2_3138521_PORTARIA_N_245_DE_5_DE_ABRIL_DE_2012.aspx> Acesso em 17 de nov. 2018.

BRASIL. Congresso Nacional. **Projeto de Lei Nº 5133/2013**. Regulamenta a rotulagem de produtos da nanotecnologia e de produtos que fazem uso da nanotecnologia. Brasília: Congresso Nacional, 2013. Disponível em: <http://www.camara.gov.br/proposicoesWeb/prop_mostrarintegra?codteor=1064788&filename=Tramitacao-PL+5133/2013> Acesso em 17 de nov. 2018.

BRASIL. Congresso Nacional. **Projeto de Lei Nº 6741/2013**. Dispõe sobre a Política Nacional de Nanotecnologia, a pesquisa, a produção, o destino de rejeitos e o uso da nanotecnologia no país, e dá outras providências. Brasília – DF: Congresso Nacional, 2013. Disponível em: <http://www.camara.gov.br/proposicoesWeb/prop_mostrarintegra?codteor=1177566&filename=Tramitacao-PL+6741/2013> Acesso em 17 de nov. 2018.

BRASIL. Ministério da Ciência, Tecnologia, Inovações e Comunicações. **Estratégia Nacional de Ciência, Tecnologia e Inovação 2016/2022**. Brasília – DF: MCTIC, 2016. 132p. Disponível em: <http://www.finep.gov.br/images/a-finep/Politica/16_03_2018_Estrategia_Nacional_de_Ciencia_Tecnologia_e_Inovacao_2016_2022.pdf> Acesso em 17 de nov. 2018.

BRASIL. Ministério da Ciência, Tecnologia, Inovações e Comunicações. **Plano de Ciência, Tecnologia e Inovação para Minerais Estratégicos 2018/ 2022**. Brasília – DF: MCTIC, 2018. 48p. Disponível em: <<http://www.mctic.gov.br/mctic/export/sites/institucional/publicacao/arquivos/Plano-de-Ciencia-Tecnologia-e-Inovacao-Para-Minerais-Estrategicos.pdf>> Acesso em 18 de nov. 2018.

BRASIL. Ministro da Ciência, Tecnologia e Inovação. **Sistema Nacional de Laboratórios em Nanotecnologia**. Brasília – DF: MCTI, 2015. 13p. Disponível em: <http://www.consultaesic.cgu.gov.br/busca/dados/Lists/Pedido/Attachments/448811/RESPOSTA_PEDIDO_Resposta%20PI%2052750000056201651%20Nanotecnologia%20no%20Brasil_Anexo%20SisNANO%20-%20Rodrigo%20Mariano.pdf> Acesso em 18 de nov. 2018.

BRASIL. Ministério da Educação. **Diretrizes Curriculares Nacionais Gerais da Educação Básica**. Brasília – DF: MEC, 2013. 562p. Disponível em: <http://portal.mec.gov.br/index.php?option=com_docman&view=download&alias=15548-d-c-n-educacao-basica-nova-pdf&Itemid=30192> Acesso em 17 de jan. 2017.

BRASIL. Ministério da Educação. **PCN+ Orientações Educacionais Complementares aos Parâmetros Curriculares Nacionais: Ciências da Natureza, Matemática e suas Tecnologias**. Brasília – DF: MEC, 2002. 141p. Disponível em: <<http://portal.mec.gov.br/seb/arquivos/pdf/CienciasNatureza.pdf>> Acesso em 23 de mar. 2017.

BRASIL. Ministério de Educação. LDB - Lei nº 9394/96, de 20 de dezembro de 1996. Estabelece as diretrizes e bases da Educação Nacional. **Diário Oficial da União**. Brasília-DF: MEC, 1996.

BRASIL. Diretrizes Curriculares Nacionais para a Formação de Professores da Educação Básica. **Parecer CNE/CP 2/2015**. Disponível em:<http://portal.mec.gov.br/index.php?option=com_docman&view=download&alias=17719-res-cne-cp-002-03072015&category_slug=julho-2015-pdf&Itemid=30192>. Acesso em 13 de ago. 2019.

BRASIL. **Trabalhando com a educação de jovens e adultos: alunos e alunas da EJA: Caderno 1**. Brasília, 2006. Disponível em: http://portal.mec.gov.br/secad/arquivos/pdf/eja_caderno1.pdf. Acesso em 09 de set. 2019.

CANO-MARQUEZ, A. G.; SCHMIDT, W. G.; RIBEIRO-SOARES, J.; CANÇADO, L. G.; RODRIGUES, W. N.; SANTOS, A. P.; FURTADO, C. A.; AUTRETO, P. A. S.; PAUPITZ, R.; GALVÃO, D. S.; JORIO, A. Enhanced Mechanical Stability of Gold Nanotips through Carbon Nanocone Encapsulation. **Scientific Reports**. v.5, p. 1-5, 2015.

CARVALHO, A. M. P. **Ensino de ciências por investigação: condições para implementação em sala de aula**. Ana Maria Pessoa de Carvalho (org.). São Paulo – SP: Cengage Learning, 2016. 152p.

CHANG, R. P. H. A call for nanoscience Education. **Nanotoday**. v. 1, p. 1-2, 2006.

DRESSELHAUS, M. S; DRESSELHAUS, G.; AVOURIS, P. **Carbon nanotubes: synthesis, structure, properties and applications**. Topics in Applied Physics. Berlin: Springe. v. 80. 2001. 461p.

_____; DRESSELHAUS, G.; SAITO, R. Carbon fibers based on C₆₀ and their symmetry. **Physical Review B**. v. 45, p. 6234-6242, 1992.

DELORS, J. **Educação: um tesouro a descobrir**. 2. ed. São Paulo – SP: Cortez. Brasília – DF: MEC/UNESCO, 2003. Disponível em: <<http://www.ia.ufrj.br/ppgea/conteudo/t1sf/sandra/os-quatro-pilares-da-educacao.pdf>> Acesso em: 12 de mar. 2017.

DEVECHI, C. P. V.; TREVISAN, A. L. Sobre a proximidade do senso comum das pesquisas qualitativas em educação: positividade ou simples decadência?. **Revista Brasileira de Educação**. v. 15, n. 43, p. 148-201, 2010.

ELLWANGER, A.; MOTA, R.; FAGAN, S. B. Abordagem de nanociência no ensino médio. **VIDYA**. v. 34, n. 1, p. 85-98, 2014.

ESTEVEES, D.; GENE, W. **Nanotecnologia no campo**. São Paulo – SP: Fundacentro, 2013. 19p.

_____. **Nanotecnologia nos alimentos**. São Paulo – SP: Fundacentro, 2014. 26p.

_____. **Nanotecnologia no setor metalúrgico automotivo**. São Paulo – SP: Fundacentro, 2017. 24p.

FEYNMAN, R. P. **There's plenty of room at the bottom**, An Invitation to Enter a New Field of Physics, 1959. Disponível em: <<http://www.its.caltech.edu/~feynman/plenty.html>> Acesso em: 20 abr. 2016.

FORTUNA, V. A relação teoria e prática na educação em freire. **Revista Brasileira de Ensino Superior**. v. 2, p. 64 – 72, 2015.

FOUREZ, G. **A construção das ciências: introdução à filosofia e a ética das ciências**. 6. ed. São Paulo – SP: UNESP, 1995. 319p.

FREIRE, P. **Educação como prática da liberdade**. 12. ed. São Paulo – SP: Paz e Terra, 1981. 158p.

FREITAS, A.; AZEVEDO, S.; KASCHNY, J. R. Effects of a transverse electric field on the electronic properties of single- and multi-wall BN nanotubes. **Solid State Communications**. v. 153, p. 40–45, 2013.

GAMA, C. F. **Uma proposta para o ensino de nanociência e da nanotecnologia, nas aulas de física do ensino médio**. Dissertação (Mestrado), Instituto de Física, Instituto de Química e Instituto de Biociências, Universidade de São Paulo, São Paulo, SP. 2013. 129p.

GASPAR, A. **Atividades experimentais no ensino de Física: uma nova visão baseada na teoria de Vygotsky**. São Paulo – SP: Editora Livraria da Física, 2014. 252p.

GE, M.; SATTLER, K. Observation of fullerene cones. **Chemical Physics Letters**, 220, p. 192-196, 1994.

GEIM, A. K.; NOVOSELOV, K. S. The Rise of Graphene. **Nature Materials**. v. 6, p.183-191, 2007.

GIL, A. C. **Como elaborar projetos de pesquisa**. 5. ed. São Paulo – SP: Atlas, 2010. 184p.

HAMADA, N.; SAWADA, S.; OSHIRIAMA, A. New one-dimensional conductors: graphitic microtubules. **Physical Review Letters**. v. 68, p. 1579-1581, 1992.

HAN, W.; BANDO, Y.; KURASHINA, K.; SATO, T. Synthesis of boron nitride nanotubes from carbon nanotubes by a substitution reaction. **Applied Physics Letters**. v. 73, p. 3085-387, 1998.

HERBST, M. H.; MACÊDO, M. I. F.; ROCCO, A. M. Tecnologia dos nanotubos de carbono: tendências e perspectivas de uma área multidisciplinar. **Química Nova**. v. 27, p. 986-992, 2004.

HETT, A. **Nanotechnology**: Small matter, many unknowns. Zurich: Swiss Re, 2004. 56p.

IJIMA, S. Helical microtubules of graphitic carbon. **Nature**. v. 354, p. 56-58, 1991.

_____; ICHIHASHI, T.; ANDO, Y. Pentagons, heptagons and negative curvature in graphite microtubule growth. **Nature**, v. 356, p. 776-778, 1992.

_____; ICHIHASHI, T. Single-shell carbon nanotubes of 1-nm diameter. **Nature**. v. 363, p. 603–605, 1993.

JENSEN, T. F.; VIEIRA FILHO, A. G. **Nanotecnologia**: maravilhas e incertezas no universo da química. São Paulo – SP: Fundacentro, 2010, 24p.

JOACHIM, C.; PLÉVERT, L. **Nanociências**: a revolução invisível. Rio de Janeiro – RJ: Jorge Zahar Ed. 2009. 163p.

JOACHIM, C.; RAPENNE, G. Molecule Concept Nanocars: Chassis, Wheels, and Motors?. **ACS Nano**. v. 7, p. 11-14, 2013.

KLEIN, A.; TIEFENBACHER, S.; EYERT, V.; PETTENKOFER, C.; JAEGERMANN, W. Electronic band structure of single-crystal and single-layer WS₂: Influence of interlayer van der Waals interactions. **Physical Review B**. v. 64, p. 1-14, 2001.

KITTEL, C. **Introdução à Física do Estado Sólido**. Rio de Janeiro: LTC Editora, 2013. 578p.

KÖCHE, J. C. **Fundamentos de metodologia científica**: teoria da ciência e iniciação à pesquisa. 29. ed. Petrópolis – RJ: Vozes, 2011. 182p.

KROTO, H.W.; HEATH, J. R.; O'BRIEN, S. C.; CURL, R. F.; SMALLEY, R. E. C₆₀: Buckminsterfullerene. **Nature**. v. 318, p. 162-163, 1985.

LANDAU, L. D. Zur Theorie der phasenumwandlungen II. **Phys. Z. Sowjetunion**. v. 11, p. 26, 1937.

LAHERA, J.; FORTEZA, A. **Ciências físicas nos ensinamentos fundamental e médio**: modelos e exemplos. Porto Alegre – RS: Artmed, 2006. 223p.

LAKATOS, E. M.; MARCONI, M. A. **Fundamentos de metodologia científica**. 7. ed. São Paulo – SP: Atlas, 2010. 297p.

LEÃO, D. M. M. Paradigmas contemporâneos da educação: escola tradicional e escola construtivista. **Cadernos de Pesquisa**. nº 107, p. 187-206, 1999. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/cp/n107/n107a08.pdf>> Acesso em: 11 de mar. 2017.

LEE, C. K.; WU, T. T.; LIU, P. L.; HSU, S. Establishing a K–12 Nanotechnology Program for Teacher Professional Development. **IEEE Transactions on Education**. v. 49, p. 141-146, 2006.

LEITE, I. S.; LORENÇO, A. B.; LICIO, J. G.; HERNANDES, A. C. Uso do método cooperativo de aprendizagem Jigsaw adaptado ao ensino de nanociência e nanotecnologia. **Revista Brasileira de Ensino de Física**. v. 35, p. 1-7, 2013.

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

MARTINS, R. A. História e história da ciência: encontros e desencontros. 2001. p. 11-46. *In: Actas do 1º Congresso Luso-Brasileiro de História da Ciência e da Técnica* (Universidade de Évora e Universidade de Aveiro). Évora, Centro de Estudos de História e Filosofia da Ciência da Universidade de Évora, 2001.

MOREIRA, M. A. Ensino de Física no Brasil: Retrospectiva e Perspectivas. **Revista Brasileira de Ensino de Física**. vol. 22, p. 94-99, 2000.

MOTOKANE, M. T. Sequências didáticas investigativas e argumentação no ensino de ecologia. **Revista Ensaio**. v.17, p. 115-137, 2015.

NAKANISHI, R.; KITaura, R.; WARNER, J. H.; YAMAMOTO, Y.; ARAI, S.; MIYATA, Y.; SHINOHARA, H. Thin single-wall BN-nanotubes formed inside carbon nanotubes. **Scientific Reports**. v.3, p. 1-6, 2013.

NARDI, R.; CASTIBLANCO, O. **Didática da Física**. 1. ed. São Paulo – SP: Cultura Acadêmica, 2014. 147p.

NOVOSELOV, K. S.; GEIM, A. K.; MOROZOV, S. V.; JIANG, D.; ZHANG, Y.; DUBONOS, S. V.; GRIGORIEVA, I. V.; FIRSOV, A. A. Electric Field Effect in Atomically Thin Carbon Films. **Science**. v. 306, p. 666-669, 2004.

PEDREIRA, D. O. **Efeito do campo elétrico em nanocones formados por AIN e BN um estudo por primeiros princípios**. Dissertação (Mestrado em Física), Centro de Ciências Exatas e da Terra, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, RN. 2011. 92p.

PEREIRA, J. C. R. **Análise de dados qualitativos: estratégias metodológicas para as Ciências da Saúde, Humanas e Sociais**. 3. ed. São Paulo – SP: Editora da Universidade de São Paulo, 2004. 156p.

PINTO, A. C.; VIEIRA, A. G. **Nanotecnologia: o transporte para um novo universo**. São Paulo – SP: Fundacentro, 2008. 20p.

PLENTZ, F.; FAZZIO, A. Considerações sobre o Programa brasileiro de Nanotecnologia. **Ciência & Cultura**. v. 65, p.23-27, 2013.

PROJETO POLÍTICO PEDAGÓGICO (PPP). E.E.E. F. M. Monsenhor Constantino Vieira. 2018.

PRODANOV, C. C.; FREITAS, E. C. **Metodologia do trabalho científico: métodos e técnicas da pesquisa e do trabalho acadêmico**. 2. ed. Novo Hamburgo – RS: Feevale, 2013. 276p.

RAUCH, J. Y.; LEHMANN, O.; ROUGEOT, P.; ABADIE, J.; AGNUS, J. Smallest microhouse in the world, assembled on the facet of an optical fiber by origami and welded in the μ Robotex nanofactory. **Journal of Vacuum Science & Technology A**. v. 36, p. 1-9, 2018.

RICARDO, E. C. **Física**. Brasília – DF: MEC, 2004. 26p. Disponível em: <<http://portal.mec.gov.br/seb/arquivos/pdf/08Fisica.pdf>> Acesso em: 29 de maio 2017.

ROCHA-FILHO, R. C. Os fulerenos e sua espantosa geometria molecular. **Química Nova na Escola**. n. 4, p. 7-11, 1996.

ROSA, C. W.; ROSA, A. B. O ensino de ciências (Física) no Brasil: da história às novas orientações educacionais. **Revista Ibero-americana de Educação**. p. 1-24, 2012.

RUBIO, A.; CORKILL, J. L.; COHEN, M. L. Theory of graphitic boron nitride nanotubes. **Physical Review B**. v. 49, p. 5081-5084, 1994.

SABINO, R. N. **Reminiscência da Professora Clemilde Torres Pereira da Silva**: sua contribuição às instituições-memória da Paraíba. Dissertação. Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa-PB, 2016. 112p.

SANTANA, M. C. **Colégio Comercial**: A Dinâmica da sua História. Disponível em: <<http://www.diariodosertao.com.br/coluna/colégio-comercial-dinamica-da-sua-historia>>. Acesso em: 04 de jul. 2018.

SANTOS, J. E. S. **Tabela de Resistividade e Coeficiente de Variação da Resistividade com a Temperatura (20°C)**. 2010. Disponível em: <<http://academico.riogrande.ifrs.edu.br/~jose.eli/apostilas/fisica3/Resistividade.pdf>> Acesso em 28 de ago. 2019.

SASSERON, L. H.; MACHADO, V. F. **Alfabetização científica na prática**: inovando a forma de ensinar física. 1. ed. São Paulo – SP: Editora Livraria da Física, 2017. 108p.

SAVIANI, D. **Escola e democracia**: teorias da educação, curvatura da vara, onze teses sobre educação e política. 32. ed. Campinas – SP: Autores Associados, 1999. 102p.

SCHULZ, P. A. B. O que é Nanociência e para que serve a Nanotecnologia?. **Física na Escola**. v. 6, p. 58-62, 2005.

_____. Nanociência de baixo custo em casa e na escola. **Física na Escola**. v. 8, p. 4-9, 2007.

_____. Há mais história lá embaixo - um convite para rever uma palestra. **Revista Brasileira de Ensino de Física**. v. 40, nº 4, p. 2-5, 2018.

SILVA, D. G.; TOMA, H. E. **Nanotecnologia para todos! Cartilha para divulgação e ensino da nanotecnologia**. São Paulo – SP: Edição dos autores, 2018. 72p.

SILVA, J. M.; LIMA, J.A.S. Quatro abordagens para o movimento browniano. **Revista Brasileira de Ensino de Física**. v. 29, n. 1, p. 25-35, 2007.

SILVAL, L. H. **A Escola Cidadã no Contexto da Globalização**. 3. ed. Petrópolis- RJ: Editora Vozes, 1999. 452p.

TAPIA, A. ; VILLANUEVA, C.; PEÓN-ESCALANTE, R.; QUINTAL, R.; MEDINA, J.; PEÑUÑURI, F.; AVILÉS, F. The bond force constant and bulk modulus of small fullerenes using density functional theory and finite element analysis. **J. Mol. Model.** p. 138-139, 2015.

TENNE, R.; ZETTL, A. K. Nanotubes from Inorganic Materials. *In*: DRESSELHAUS, M. S; DRESSELHAUS, G.; AVOURIS, P. **Carbon nanotubes: synthesis, structure, properties and applications**. Topics in Applied Physics. Berlin: Springer, v. 80, 2001. p. 81-112.

TIPLER, P. A.; MOSCA, G. **Física para cientistas e engenheiros**. v. 2. Rio de Janeiro – RJ: LTC, 2011. 530p.

VALADARES, E. C.; CHAVES, A.; ALVES, E. G. **Aplicações da Física quântica: do transistor à nanotecnologia**. São Paulo – SP: Livraria da Física. 2005. 90p.

VIEIRA FILHO, A. G. **Nanotecnologia: um universo em construção**. São Paulo – SP: Fundacentro, 2013. 23p.

VYGOTSKY, L. S. **A formação social da mente: o desenvolvimento dos processos psicológicos superiores**. 5. ed. São Paulo – SP: Martins Fontes, 1994. 191p.

WILDÖER, J. W. G.; VENEMA, L. C.; RINZLER, A. G.; SMALLEY, R. E.; DEKKER, C. Electronic structure of atomically resolved carbon nanotubes. **Nature**. v. 391, p. 59-62, 1998.

ZABALA, A. **A prática educativa: como ensinar**. Porto Alegre – RS: Artmed, 1998. 224p.

APÊNDICES

Apêndice A - Questionário

DADOS DO/A ESTUDANTE

1. Sexo: Masculino / Feminino

2. Idade: _____

3. Você mora na: Zona Rural / Zona Urbana

4. Você estudou: Sempre em Escola Pública
 Parte em Escola Particular e parte em Escola Pública
 A maior parte em Escola Particular
 A maior parte em Escola Pública

5. Você trabalha? Sim / Não

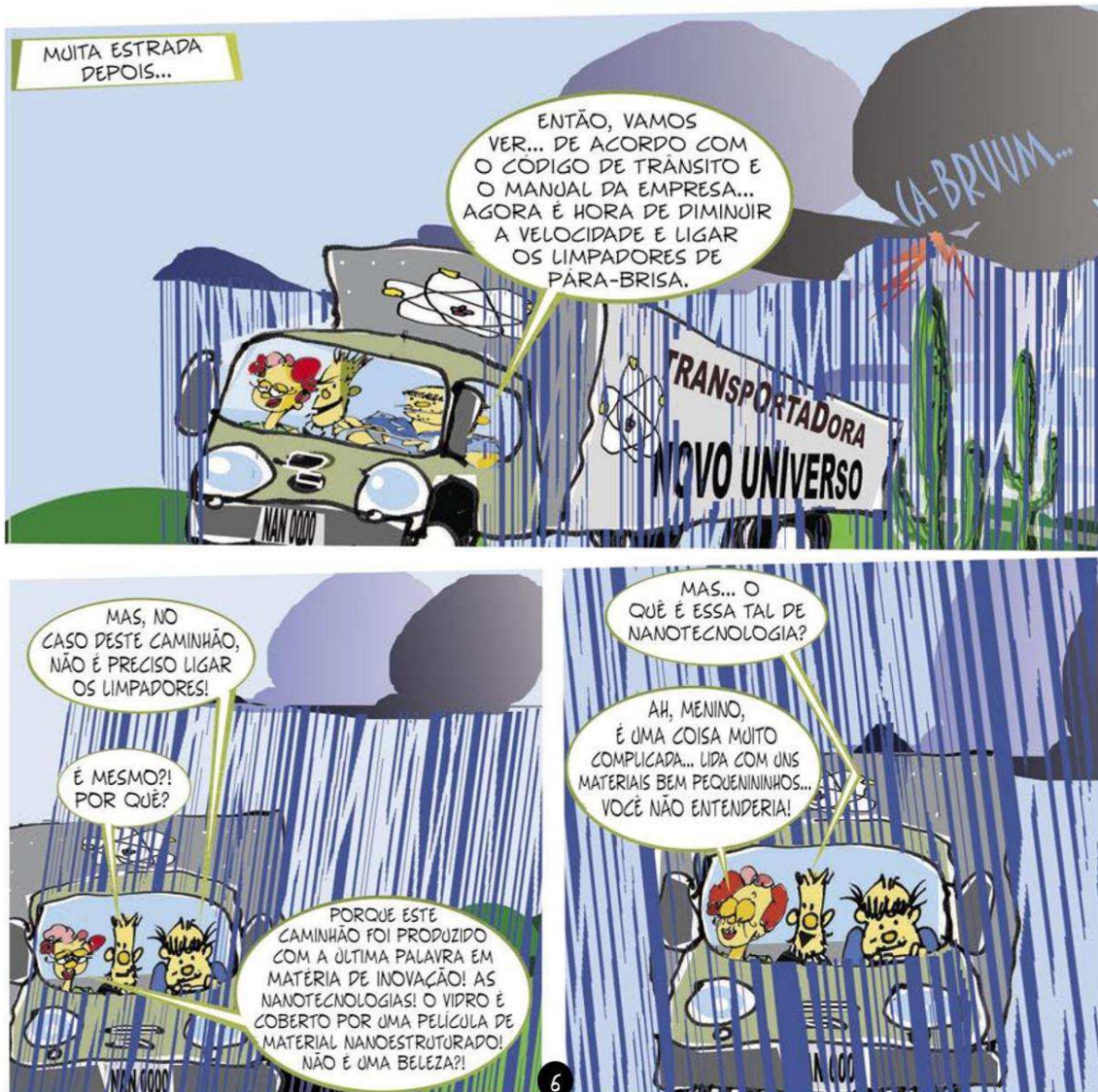
6. Você já ficou reprovado em alguma série do Ensino Médio?
 Sim, quantas vezes: _____
 Não

7. Quanto às aulas de Física experimental, você:
 Participa frequentemente
 Participa raramente
 Não participa

QUESTIONÁRIO

1. A partir da leitura dos quadrinhos abaixo responda ao que se pede:

Figura. História em quadrinhos “Nanotecnologia: o transporte para um novo universo”.



Fonte: Pinto & Vieira, 2008, p.6.

Se a pergunta feita pelo passageiro do meio no último quadrinho fosse direcionada para você, o que você responderia?

2. Imagine a seguinte situação, uma pessoa pega dois baldes com água, em um deles adiciona sabão em pó e mexe até que todo o sabão seja dissolvido, no outro balde adiciona a mesma quantidade de sabão, porém utiliza sabão em barra, e repete o mesmo processo. O que é observado se compararmos os dois processos? Justifique sua resposta.

3. Faça um risco com seu lápis grafite. Você acha que seria possível medir a espessura do traço desenhado? De que maneira?

4. Você acha possível observar átomos e/ou moléculas? De que maneira?

5. O diamante é uma pedra preciosa de alto valor comercial. O grafite, por sua vez, é um material de baixo custo utilizado inclusive em lápis. Existe algo em comum entre esses materiais? Justifique sua resposta.

Apêndice B - Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE)

Você está sendo convidado a participar como voluntário/a no estudo **“A CIÊNCIA DO SURPREENDENTEMENTE PEQUENO: UMA SEQUÊNCIA DIDÁTICA PARA A NANOCIÊNCIA E NANOTECNOLOGIA NO ENSINO MÉDIO”** coordenado pela Profa. Dra. Mirleide Dantas Lopes e vinculado a Universidade Federal de Campina Grande (UFCG), Campus Cajazeiras – PB, Centro de Formação de Professores (CFP), Unidade Acadêmica de Ciências Exatas e da Natureza, Curso de Licenciatura em Física.

Sua participação é voluntária e você poderá desistir a qualquer momento, retirando seu consentimento, sem que isso lhe traga nenhum prejuízo ou penalidade. Este estudo tem por objetivo investigar os conhecimentos prévios de uma turma de terceiro ano do ensino médio relativos ao campo da Nanociência e da Nanotecnologia e em seguida será aplicado uma sequência didática, um conjunto de atividades didáticas, sobre a temática. Este estudo se faz necessário por trabalhar uma temática de destaque na atualidade, cobrada inclusive em exames vestibulares, perpassando a maioria do desenvolvimento em microeletrônica, novos materiais, fármacos e entre outros, além de ser fundamento em pesquisas nas mais diversas áreas do conhecimento, dentre as quais a Física tem se destacado na investigação e divulgação científica a luz da Física Moderna e Contemporânea.

Caso decida aceitar o convite, você será submetido/a aos seguintes procedimentos: será aplicado um questionário para investigação de conhecimentos prévios, em seguida será realizada a abordagem da Nanociência e da Nanotecnologia a partir de uma sequência didática com um conjunto de atividades sobre a temática, por fim será aplicado questionário a fim de avaliar a metodologia utilizada. Os riscos envolvidos com sua participação são: devido à natureza da pesquisa, o/a participante poderá sentir um pequeno constrangimento ao prestar informações através dos questionários apresentados, além disso, estarão sujeitos aos riscos comuns às atividades escolares quanto ao manuseio de materiais didáticos, no entanto, asseguramos que tais riscos serão minimizados a todo o momento pelos pesquisadores atentando-se as exigências das resoluções 466/2012 e 510/2016 do Conselho Nacional de Saúde (CNS), as quais estabelecem diretrizes e normas regulamentadoras para pesquisas envolvendo seres humanos. Os benefícios da pesquisa serão, principalmente, a interação dos sujeitos com a temática inerente a Nanociência e a Nanotecnologia como base para reconhecer e avaliar o desenvolvimento tecnológico contemporâneo, suas relações com as ciências e o desenvolvimento tecnológico, seu papel na vida humana e as interfaces com o

mundo vivencial, além de propiciar o intercâmbio de saberes sobre temas relevantes para a construção da natureza crítica e reflexiva intrínseca a vida contemporânea.

Todas as informações obtidas serão sigilosas e seu nome não será identificado em nenhum momento. Os dados serão guardados em local seguro e a divulgação dos resultados será feita de maneira que não permita a identificação de nenhum voluntário. Se você tiver algum gasto decorrente de sua participação na pesquisa, você será ressarcido, caso solicite. Em qualquer momento, se você sofrer algum dano comprovadamente decorrente desta pesquisa, você será indenizado.

Você ficará com uma via rubricada e assinada deste termo e qualquer dúvida a respeito desta pesquisa, poderá ser requisitada a Profa. Dra. Mirleide Dantas Lopes, residente à Rua Sérgio Moreira de Figueiredo, N° 125, Bairro: Casas Populares, Cajazeiras – PB, CEP: 58.900-000, telefone (83) 9.9910-4303, e-mail: mirleide_dantas@yahoo.com.br ou ao Comitê de Ética em Pesquisas com Seres Humanos-CEP/CFP/UFCG situado à Rua Sérgio Moreira de Figueiredo, S/N, Bairro: Casas Populares, Cajazeiras – PB, CEP: 58.900-000, e-mail: cep@cfp.ufcg.edu.br e telefone (83) 3532-2075.

Declaro que estou ciente dos objetivos e da importância desta pesquisa, bem como a forma como esta será conduzida, incluindo os riscos e benefícios relacionados com a minha participação, e concordo em participar voluntariamente deste estudo.

Cajazeiras – PB, _____ de _____ de 2019.

Assinatura do Participante

Mirleide Dantas Lopes
Responsável pela pesquisa

Apêndice C - Termo de Assentimento Livre e Esclarecido (TALE)

Você menor está sendo convidado a participar como voluntário/a no estudo **“A CIÊNCIA DO SURPREENDENTEMENTE PEQUENO: UMA SEQUÊNCIA DIDÁTICA PARA A NANOCIÊNCIA E NANOTECNOLOGIA NO ENSINO MÉDIO”** coordenado pela Profa. Dra. Mirleide Dantas Lopes e vinculado a Universidade Federal de Campina Grande (UFCG), Campus Cajazeiras – PB, Centro de Formação de Professores (CFP), Unidade Acadêmica de Ciências Exatas e da Natureza, Curso de Licenciatura em Física.

Sua participação é voluntária e você poderá desistir a qualquer momento, retirando seu consentimento, sem que isso lhe traga nenhum prejuízo ou penalidade. Este estudo tem por objetivo investigar os conhecimentos prévios de uma turma de terceiro ano do ensino médio relativos ao campo da Nanociência e da Nanotecnologia e a em seguida abordar uma sequência didática, um conjunto de aulas teóricas e experimentais, sobre a temática. Este estudo se faz necessário por ser uma temática de destaque na atualidade, cobrada inclusive em exames vestibulares, perpassando a maioria do desenvolvimento em microeletrônica, novos materiais, fármacos e entre outros, além de ser fundamento em pesquisas nas mais diversas áreas do conhecimento, dentre as quais a Física tem se destacado na investigação e divulgação científica a luz da Física Moderna e Contemporânea.

Caso decida aceitar o convite, você será submetido/a aos seguintes procedimentos: será aplicado um questionário para investigação de conhecimentos prévios, em seguida será realizada a abordagem da Nanociência e da Nanotecnologia a partir de uma sequência didática com um conjunto de atividades sobre a temática, por fim será aplicado questionário a fim de avaliar a metodologia utilizada. Os riscos envolvidos com sua participação são: devido à natureza da pesquisa, o/a participante poderá sentir um pequeno constrangimento ao prestar informações através dos questionários apresentados, além disso, estarão sujeitos aos riscos comuns às atividades escolares quanto ao manuseio de materiais didáticos, no entanto, asseguramos que tais riscos serão minimizados a todo o momento pelos pesquisadores atentando-se as exigências das resoluções 466/2012 e 510/2016 do Conselho Nacional de Saúde (CNS), as quais estabelecem diretrizes e normas regulamentadoras para pesquisas envolvendo seres humanos. Os benefícios da pesquisa serão, principalmente, a interação dos sujeitos com a temática inerente a Nanociência e a Nanotecnologia como base para reconhecer e avaliar o desenvolvimento tecnológico contemporâneo, suas relações com as

ciências e o desenvolvimento tecnológico, seu papel na vida humana e as interfaces com o mundo vivencial, além de propiciar o intercâmbio de saberes sobre temas relevantes para a construção da natureza crítica e reflexiva intrínseca a vida contemporânea.

Todas as informações obtidas serão sigilosas e seu nome não será identificado em nenhum momento. Os dados serão guardados em local seguro e a divulgação dos resultados será feita de maneira que não permita a identificação de nenhum voluntário. Se você tiver algum gasto decorrente de sua participação na pesquisa, você será ressarcido, caso solicite. Em qualquer momento, se você sofrer algum dano comprovadamente decorrente desta pesquisa, você será indenizado.

Você ficará com uma via rubricada e assinada deste termo e qualquer dúvida a respeito desta pesquisa, poderá ser requisitada a Profa. Dra. Mirleide Dantas Lopes, residente à Rua Sérgio Moreira de Figueiredo, N° 125, Bairro: Casas Populares, Cajazeiras – PB, CEP: 58.900-000, telefone (83) 9.9910-4303, e-mail: mirleide_dantas@yahoo.com.br ou ao Comitê de Ética em Pesquisas com Seres Humanos-CEP/CFP/UFCG situado à Rua Sérgio Moreira de Figueiredo, S/N, Bairro: Casas Populares, Cajazeiras – PB, CEP: 58.900-000, e-mail: cep@cfp.ufcg.edu.br e telefone (83) 3532-2075.

Declaro que estou ciente dos objetivos e da importância desta pesquisa, bem como a forma como esta será conduzida, incluindo os riscos e benefícios relacionados com a minha participação, e concordo em participar voluntariamente deste estudo.

Cajazeiras – PB, _____ de _____ de 2019.

Assinatura ou impressão datiloscópica do responsável legal

Mirleide Dantas Lopes
Responsável pela pesquisa

Apêndice D - Imagens utilizadas na Aula 2

- Materiais na macroescala e na nanoescala.

Ouro²³



Nanopartículas de ouro²⁴



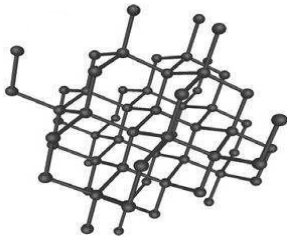
Prata²⁵



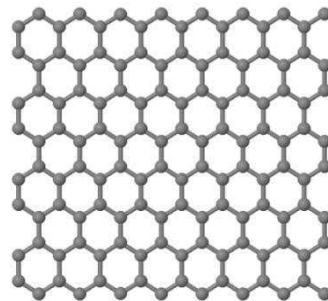
Nanopartículas de prata²⁶



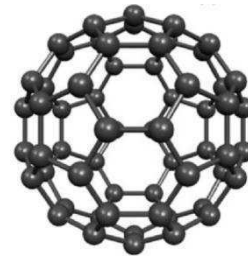
- Nanomateriais alótropos²⁷ do Carbono



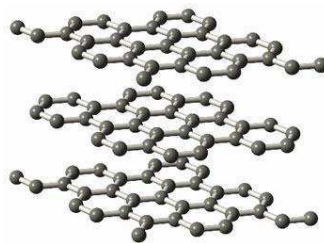
Diamante²⁸



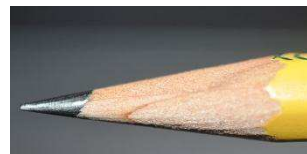
Grafeno



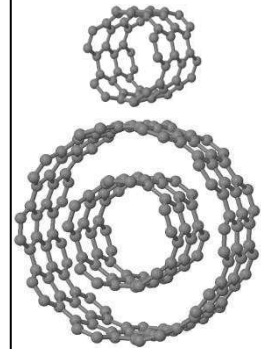
Fulereno



Grafite²⁹



Lápis³⁰



Nanotubos³¹

²³ <https://capitalizo.com.br/wp-content/uploads/2018/11/ouro.jpg>

²⁴ <https://conscienciaufrj.files.wordpress.com/2015/11/ngc.jpg?w=421&h=209>

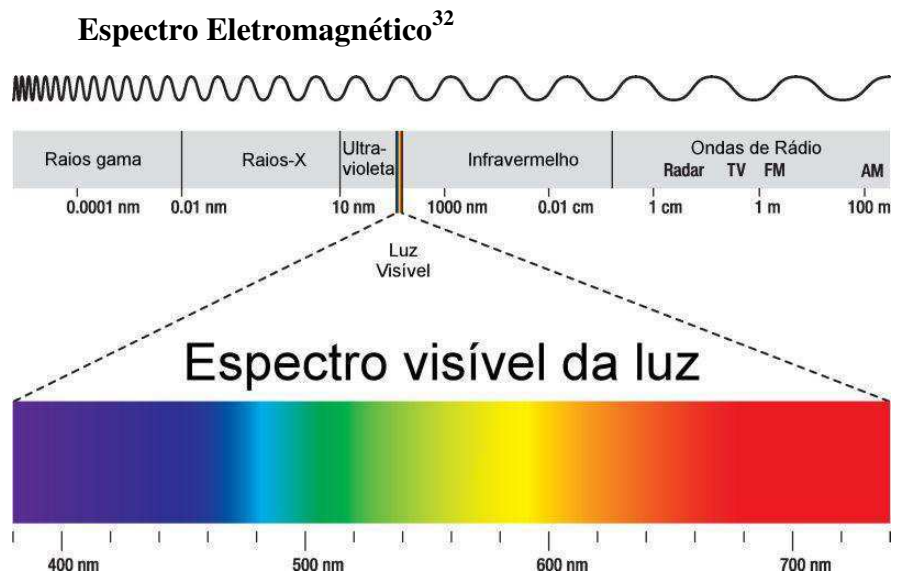
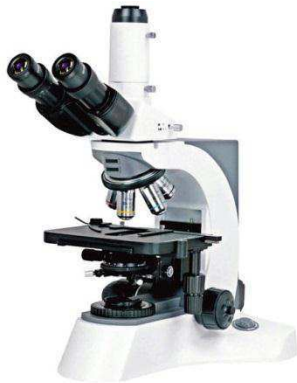
²⁵ <https://www.encantos-virtuais.com/images/virtuemart/product/prata-350x2639.jpg>

²⁶ <http://docplayer.com.br/docs-images/70/62624691/images/64-0.jpg>

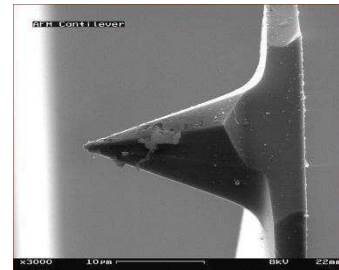
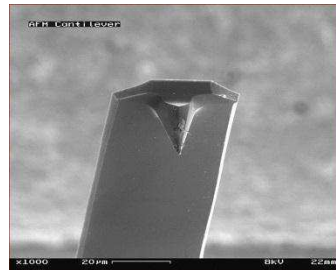
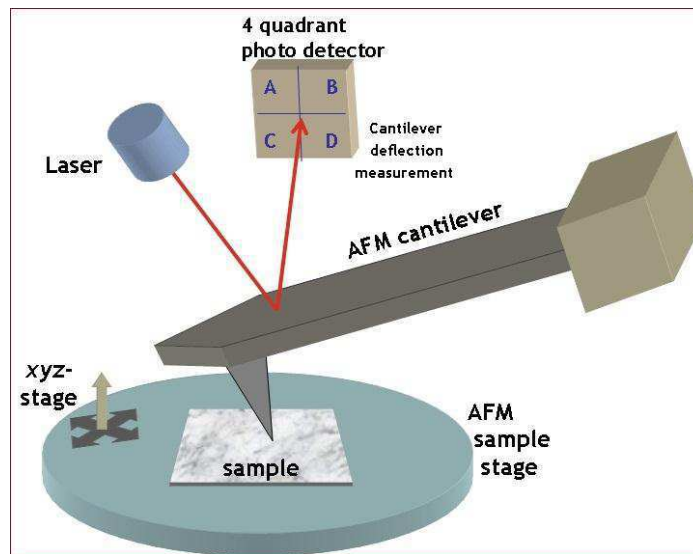
²⁷ Materiais formados pelo mesmo elemento químico, apresentando apenas arranjo atômico diferente.

- Métodos de observação por microscopia

Microscópio óptico



Microscópio de Força Atômica

^{33 34}


²⁸ <https://www.karinegallo.com.br/wp-content/uploads/2018/07/diamonds-102-770x433.jpg>

²⁹ http://lqes.iqm.unicamp.br/images/lqes_empauta_novidades_1278_grafite_estrutura.jpg

³⁰ https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/1/1e/Pencil_tip_closeup_2.JPG/1200px-Pencil_tip_closeup_2.JPG

³¹ <http://worldofnanoscience.weebly.com/uploads/3/2/2/5/32255511/1405975495.jpg>

³² <https://www.infoescola.com/wp-content/uploads/2007/12/espectro-visivel-da-luz.jpg>

³³ https://encrypted-tbn0.gstatic.com/images?q=tbn:ANd9GcS2u6JWkZApuDSwud-EdLWCp12UeDC6ZPu3ualcIZORAmWRfnY_eQ

³⁴ https://www.maxwell.vrac.puc-rio.br/20309/img/microscopio_forcaatomica_img3.jpg

Apêndice E - Procedimento experimental utilizado na Aula 4

Materiais: Lápis grafite, régua, paquímetro, multímetro, papel e termômetro.

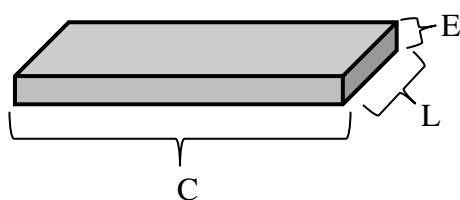
Procedimento: Faça um traço forte com o lápis grafite no papel com 2cm de comprimento, este tamanho serve para padronização entre as medidas feitas pelas equipes. Com o paquímetro faça a medida da largura do traço. Com o auxílio do multímetro realize a medida da resistência elétrica do traço. Verificar a temperatura durante a medida. Anotar todas as medidas na Tabela 1.

Tratamento dos dados: Por meio da 2ª Lei de Ohm podemos determinar a espessura do traço. Esta lei diz que a resistência elétrica é diretamente proporcional ao comprimento C do material e inversamente proporcional à área de sua seção transversal A, a menos de uma constante ρ chamada de resistividade (equação 1) (TIPLER & MOSCA, 2011). Para este experimento utilizamos ρ para o grafite com o valor de $\rho_{\text{grafite}} = 6000 \times 10^{-8} \Omega \cdot \text{m}$ a 20°C (SANTOS, 2010).

$$R = \rho \frac{C}{A} \quad (\text{Eq. 1})$$

Como o traço do grafite representa um paralelepípedo de seção transversal retangular teremos a equação 2 para a espessura do traço,

Figura 1 – Esquema do traço de grafite no papel.



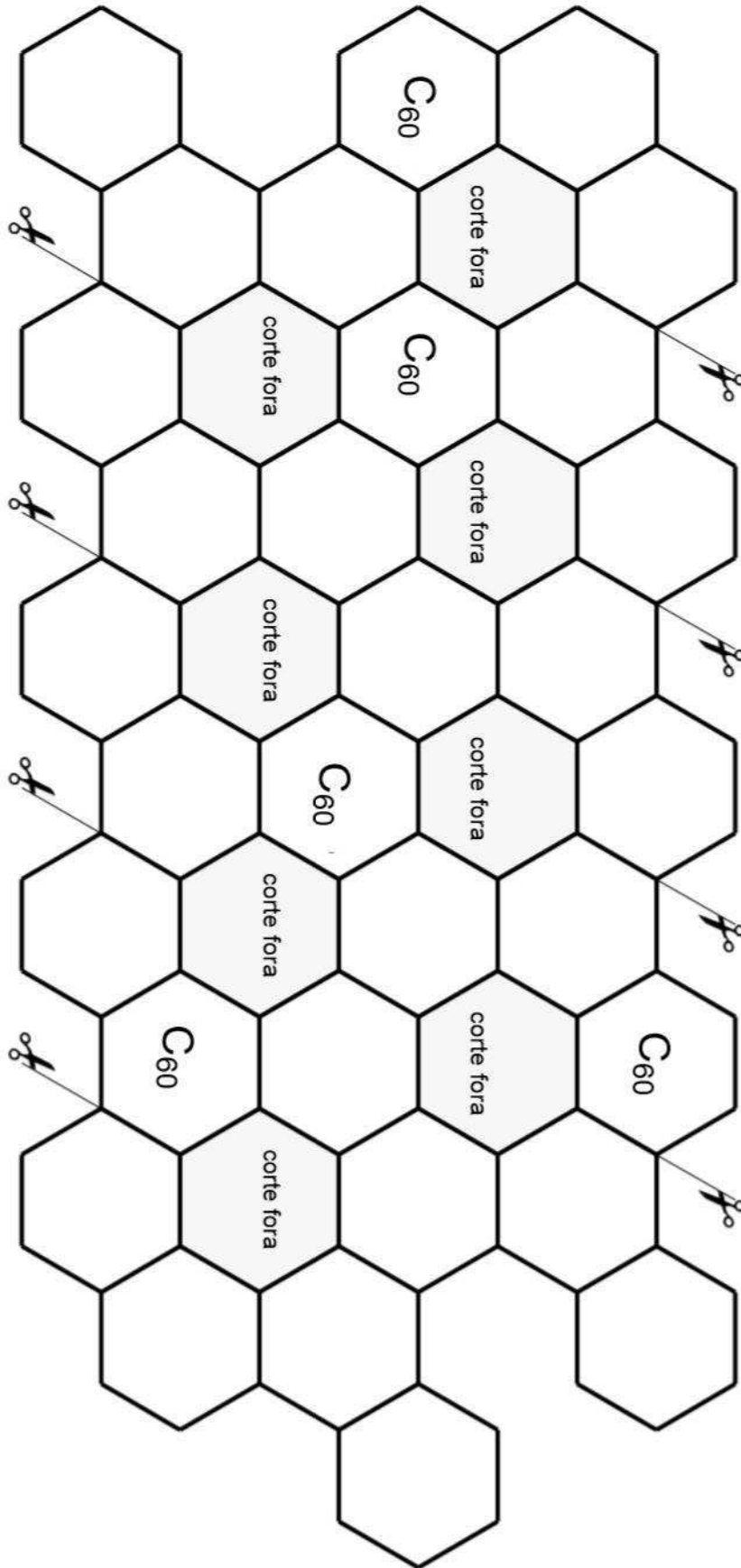
E = Espessura do traço;
L = Largura do traço;
C = Comprimento do traço.

$$E = \rho \frac{C}{R \cdot L} \quad (\text{Eq. 2})$$

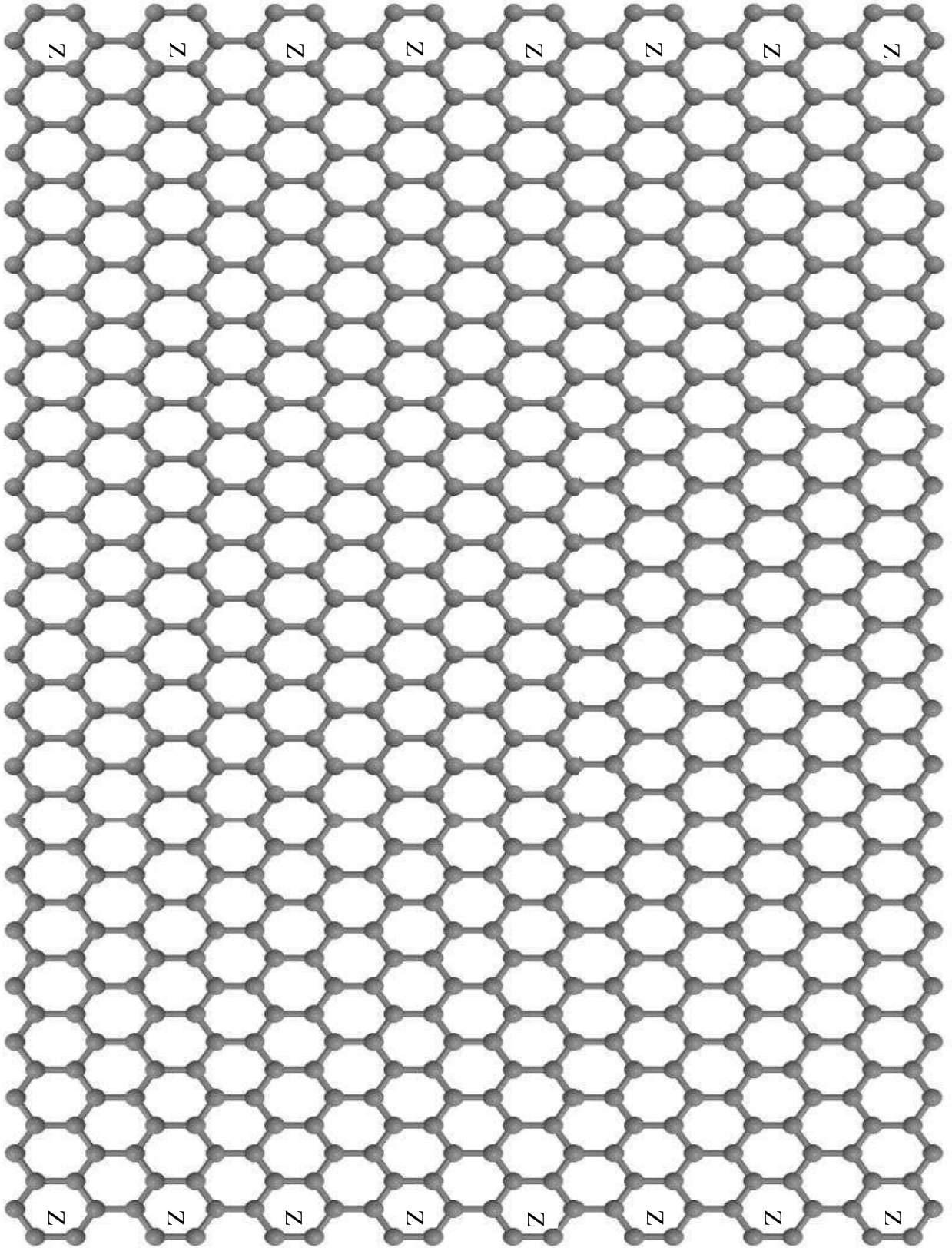
Tabela 1 – Dados

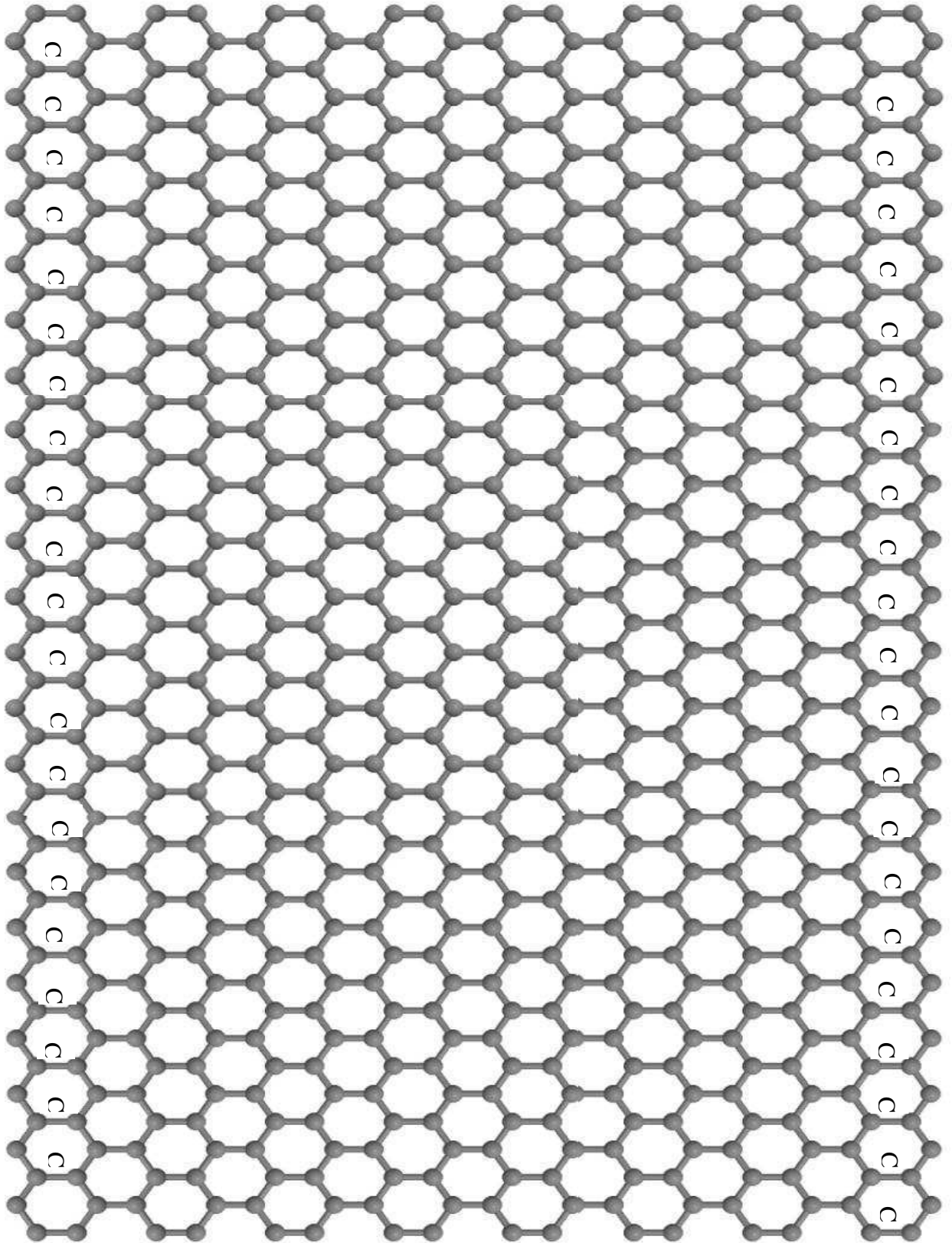
Parâmetro	Medida
Largura do Traço (m)	
Resistência Elétrica (Ω)	
Temperatura ($^\circ\text{C}$)	
Espessura (m)	
Número de camadas de carbono	

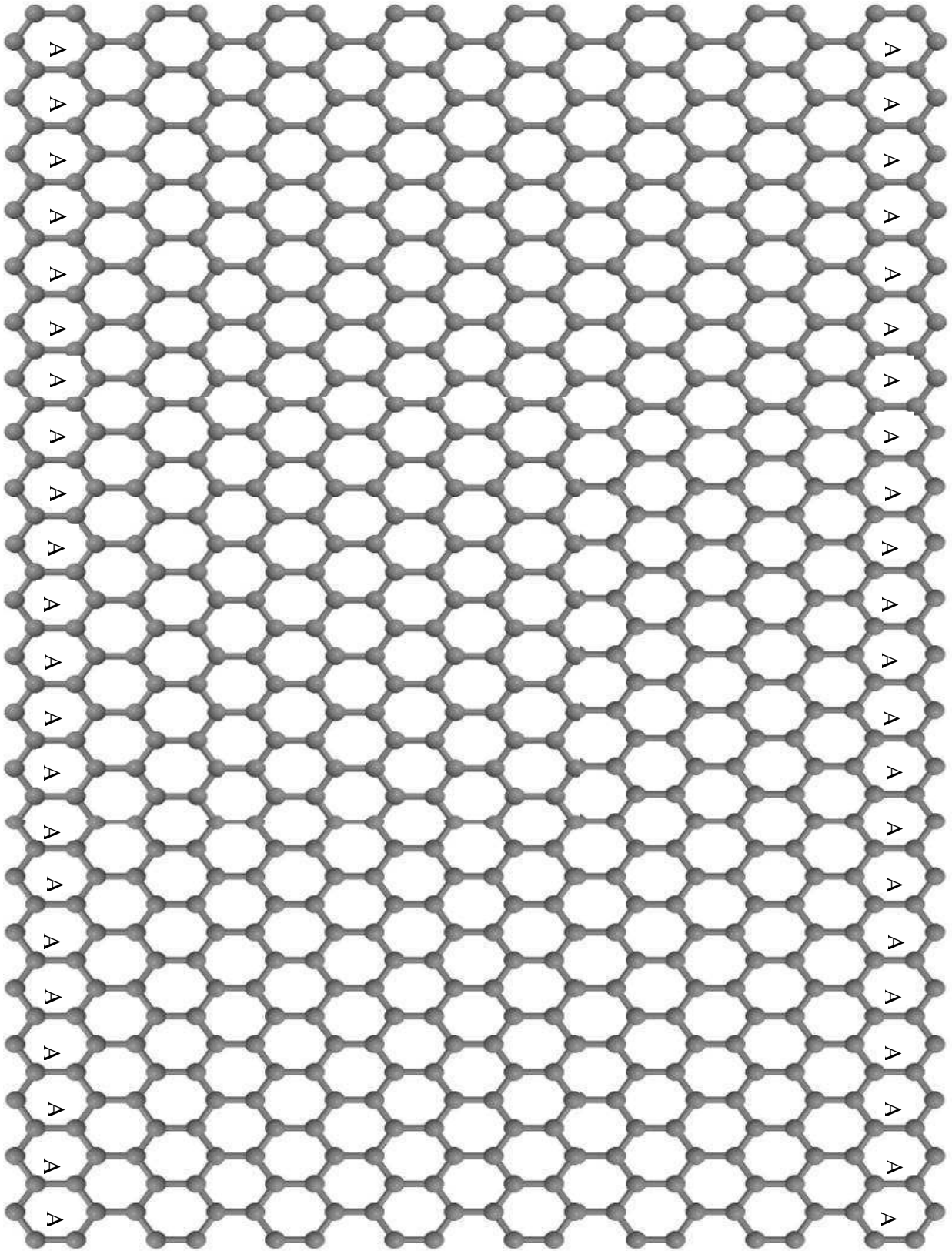
Apêndice F - Modelo de Fulereo C_{60} utilizado na Aula 5



Apêndice G - Modelo de Nanotubos utilizados na Aula 5







ANEXOS

Anexo A - Termo de Anuência



GOVERNO
DA PARAÍBA



SEGUE
o trabalho



ESTADO DA PARAÍBA
SEC. DE ESTADO DA EDUCAÇÃO E DA CIÊNCIA E TECNOLOGIA
9ª GERÊNCIA REGIONAL DE EDUCAÇÃO – CAJAZEIRAS/PB
ESCOLA ESTADUAL DE ENSINO FUNDAMENTAL E MÉDIO MONSENHOR
CONSTANTINO VIEIRA– INEP: 25007904 CAJAZEIRAS/PB

TERMO DE ANUÊNCIA

Eu, FRANCISCA CAMPOS DE OLIVEIRA, Diretora da Escola Estadual de Ensino Fundamental e Médio Monsenhor Constantino Vieira, autorizo o desenvolvimento da pesquisa intitulada: A CIÊNCIA DO SURPREENDENTEMENTE PEQUENO: UMA SEQUÊNCIA DIDÁTICA PARA A NANOCIÊNCIA E NANOTECNOLOGIA NO ENSINO MÉDIO, nesta instituição, que será realizada no período de 02/09/2019 a 30/09/2019, tendo como pesquisadora responsável a Profa. Dra. Mirleide Dantas Lopes e o orientando Guilherme Angelo Moreira Bernardo.

c.E.E.F.M. Monsenhor C. Vieira
Rua Pe. Rolim, 457
58900-000 - Cajazeiras-PB

Cajazeiras-PB, 06 de Agosto de 2019.

Francisca Campos de Oliveira

Diretora
Francisca Campos de Oliveira
Diretor (a) Escolar
GEAGE / SEE
Aut. nº 11.031

Anexo B - Termo de compromisso dos pesquisadores



UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE
CENTRO DE FORMAÇÃO DE PROFESSORES
COMITÊ DE ÉTICA EM PESQUISA

TERMO DE COMPROMISSO DOS PESQUISADORES

Por este termo de responsabilidade, nós abaixo-assinados, Orientador e Orientando respectivamente, da pesquisa intitulada “A CIÊNCIA DO SURPREENDENTEMENTE PEQUENO: UMA SEQUÊNCIA DIDÁTICA PARA A NANOCIÊNCIA E NANOTECNOLOGIA NO ENSINO MÉDIO”, assumimos cumprir fielmente as diretrizes regulamentadoras emanadas da Resolução nº 466, de 12 de Dezembro de 2012 do Conselho Nacional de Saúde/ MS e suas Complementares, homologada nos termos do Decreto de delegação de competências de 12 de novembro de 1991, visando assegurar os direitos e deveres que dizem respeito à comunidade científica, aos sujeitos da pesquisa e ao Estado.

Reafirmamos, outros sim, nossa responsabilidade indelegável e intransferível, mantendo em arquivo todas as informações inerentes a presente pesquisa, respeitando a confidencialidade e sigilo das fichas correspondentes a cada sujeito incluído na pesquisa, por um período de 5 (cinco) anos após o término desta. Apresentaremos sempre que solicitado pelo CEP/ CFP/UFCG (Comitê de Ética em Pesquisas/ Centro de Formações de Professores) ou CONEP (Comissão Nacional de Ética em Pesquisa) ou, ainda, as Curadorias envolvidas no presente estudo, relatório sobre o andamento da pesquisa, comunicando ainda ao CEP/CFP/UFCG, qualquer eventual modificação proposta no supracitado projeto.

Cajazeiras-PB, 06 de agosto de 2019.

Mirleide Dantas Lopes

Profª. Dra. Mirleide Dantas Lopes
Orientadora

Guilherme Angelo Moreira Bernardo

Guilherme Angelo Moreira Bernardo
Orientando

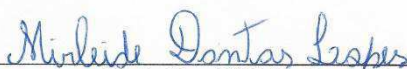
Anexo C - Termo de compromisso de divulgação dos resultados

Termo de Compromisso de divulgação dos resultados

Por este termo de responsabilidade, nós, abaixo – assinados, respectivamente, autor e orientando da pesquisa intitulada “A CIÊNCIA DO SURPREENDENTEMENTE PEQUENO: UMA SEQUÊNCIA DIDÁTICA PARA A NANOCIÊNCIA E NANOTECNOLOGIA NO ENSINO MÉDIO” assumimos o compromisso de:

- Preservar a privacidade dos participantes da pesquisa cujos dados serão coletados;
- Assegurar que as informações serão utilizadas única e exclusivamente para a execução do projeto em questão;
- Assegurar que os benefícios resultantes do projeto retornem aos participantes da pesquisa, seja em termos de retorno social, acesso aos procedimentos, produtos ou agentes da pesquisa;
- Assegurar que as informações somente serão divulgadas de forma anônima, não sendo usadas iniciais ou quaisquer outras indicações que possam identificar o sujeito da pesquisa;
- Assegurar que os resultados da pesquisa serão encaminhados para a publicação, com os devidos créditos aos autores.

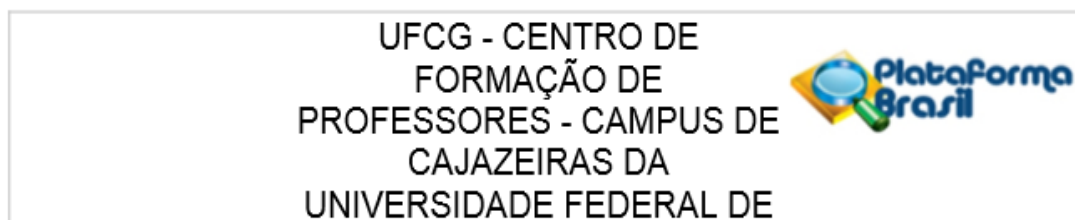
Cajazeiras-PB, 06 de agosto de 2019.



Profª. Dra. Mirleide Dantas Lopes
Orientadora



Guilherme Angelo Moreira Bernardo
Orientando

Anexo D - Parecer Consubstanciado do CEP**PARECER CONSUBSTANCIADO DO CEP****DADOS DO PROJETO DE PESQUISA**

Título da Pesquisa: A CIÊNCIA DO SURPREENDENTEMENTE PEQUENO: UMA SEQUÊNCIA DIDÁTICA PARA A NANOCIÊNCIA E NANOTECNOLOGIA NO ENSINO MÉDIO

Pesquisador: MIRLEIDE DANTAS LOPES

Área Temática:

Versão: 1

CAAE: 18869519.0.0000.5575

Instituição Proponente: UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE

Patrocinador Principal: Financiamento Próprio

DADOS DO PARECER

Número do Parecer: 3.529.889

Apresentação do Projeto:

O projeto de pesquisa intitulado A CIÊNCIA DO SURPREENDENTEMENTE PEQUENO: UMA SEQUÊNCIA DIDÁTICA PARA A NANOCIÊNCIA E NANOTECNOLOGIA NO ENSINO MÉDIO, 18869519.0.0000.5575 e sob responsabilidade de MIRLEIDE DANTAS LOPES trata da abordagem da Nanociência e Nanotecnologia na educação básica, a fim de promover a alfabetização científica dos/as discentes de uma turma de 3º ano do ensino médio.

Objetivo da Pesquisa:

O projeto A CIÊNCIA DO SURPREENDENTEMENTE PEQUENO: UMA SEQUÊNCIA DIDÁTICA PARA A NANOCIÊNCIA E NANOTECNOLOGIA NO ENSINO MÉDIO tem por objetivo principal abordar a Nanociência e a Nanotecnologia na Educação Básica, a fim de promover a alfabetização científica dos/as discentes de uma turma de terceiro ano do ensino médio.

Avaliação dos Riscos e Benefícios:

Os riscos e benefícios do projeto de pesquisa foram especificados adequadamente.

Comentários e Considerações sobre a Pesquisa:

O projeto de pesquisa A CIÊNCIA DO SURPREENDENTEMENTE PEQUENO: UMA SEQUÊNCIA DIDÁTICA PARA A NANOCIÊNCIA E NANOTECNOLOGIA NO ENSINO MÉDIO é importante por contribuir

Endereço: Rua Sérgio Moreira de Figueiredo, s/n

Bairro: Casas Populares

CEP: 58.900-000

UF: PB

Município: CAJAZEIRAS

Telefone: (83)3532-2075

E-mail: cep@cfp.ufcg.edu.br

**UFCG - CENTRO DE
FORMAÇÃO DE
PROFESSORES - CAMPUS DE
CAJAZEIRAS DA
UNIVERSIDADE FEDERAL DE**



Continuação do Parecer: 3.529.889

e os métodos especificados estão adequados à proposta do trabalho.

Considerações sobre os Termos de apresentação obrigatória:

Os documentos estão apresentados de forma adequada. O autor da pesquisa MIRLEIDE DANTAS LOPES redigiu e apresentou de forma correta os seguintes itens: Termo de Consentimento Livre e Espontâneo, TALE, folha de rosto, carta de anuência, cronograma, orçamento e demais documentos necessários à aprovação do projeto de pesquisa.

Recomendações:

Não há recomendações.

Conclusões ou Pendências e Lista de Inadequações:

Considerando o que foi exposto, sugerimos a APROVAÇÃO do projeto A CIÊNCIA DO SURPREENDENTEMENTE PEQUENO: UMA SEQUÊNCIA DIDÁTICA PARA A NANOCIÊNCIA E NANOTECNOLOGIA NO ENSINO MÉDIO, número 18869519.0.0000.5575 e sob responsabilidade de MIRLEIDE DANTAS LOPES.

Considerações Finais a critério do CEP:

Este parecer foi elaborado baseado nos documentos abaixo relacionados:

Tipo Documento	Arquivo	Postagem	Autor	Situação
Informações Básicas do Projeto	PB_INFORMAÇÕES_BÁSICAS_DO_PROJETO_1410483.pdf	09/08/2019 22:36:14		Aceito
Outros	TERMO_COMPROMISSO_DIVULGAÇÃO_RESULTADOS.pdf	09/08/2019 22:35:18	MIRLEIDE DANTAS LOPES	Aceito
Outros	TERMO_ANUENCIA.pdf	09/08/2019 22:33:59	MIRLEIDE DANTAS LOPES	Aceito
Outros	questionario.pdf	09/08/2019 22:33:01	MIRLEIDE DANTAS LOPES	Aceito
TCLE / Termos de Assentimento / Justificativa de Ausência	TALE.pdf	09/08/2019 22:30:34	MIRLEIDE DANTAS LOPES	Aceito
TCLE / Termos de Assentimento / Justificativa de Ausência	TCLE.pdf	09/08/2019 22:30:22	MIRLEIDE DANTAS LOPES	Aceito
Orçamento	orcamento.pdf	09/08/2019 22:29:58	MIRLEIDE DANTAS LOPES	Aceito

Endereço: Rua Sérgio Moreira de Figueiredo, s/n

Bairro: Casas Populares

CEP: 58.900-000

UF: PB

Município: CAJAZEIRAS

Telefone: (83)3532-2075

E-mail: cep@cfp.ufcg.edu.br

UFCG - CENTRO DE
FORMAÇÃO DE
PROFESSORES - CAMPUS DE
CAJAZEIRAS DA
UNIVERSIDADE FEDERAL DE



Continuação do Parecer: 3.529.889

Declaração de Pesquisadores	TERMO_COMPROMISSO_PESQUISA DORES.pdf	09/08/2019 22:29:38	MIRLEIDE DANTAS LOPES	Aceito
Cronograma	CRONOGRAMA.pdf	09/08/2019 22:26:41	MIRLEIDE DANTAS LOPES	Aceito
Projeto Detalhado / Brochura Investigador	PROJETO.pdf	09/08/2019 22:26:20	MIRLEIDE DANTAS LOPES	Aceito
Folha de Rosto	folha_de_rosto.pdf	09/08/2019 22:26:04	MIRLEIDE DANTAS LOPES	Aceito

Situação do Parecer:

Aprovado

Necessita Apreciação da CONEP:

Não

CAJAZEIRAS, 24 de Agosto de 2019

Assinado por:
Paulo Roberto de Medeiros
(Coordenador(a))

Endereço: Rua Sérgio Moreira de Figueiredo, s/n

Bairro: Casas Populares

CEP: 58.900-000

UF: PB

Município: CAJAZEIRAS

Telefone: (83)3532-2075

E-mail: cep@cfp.ufcg.edu.br