

UNIVERSIDADE FEDERAL DE ALAGOAS
INSTITUTO DE FÍSICA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM MESTRADO NACIONAL
PROFISSIONAL EM ENSINO DE FÍSICA EM REDE NACIONAL
CURSO DE MESTRADO NACIONAL PROFISSIONAL EM ENSINO DE FÍSICA

YSMAILYN SIQUEIRA COSTA

**USO DE EXPERIMENTOS DIDÁTICOS COMO MEDIADORES DA
APRENDIZAGEM EM ELETROSTÁTICA NUMA ESCOLA PÚBLICA DE
MACEIÓ/AL**

Maceió

2017

YSMAILYN SIQUEIRA COSTA

**USO DE EXPERIMENTOS DIDÁTICOS COMO MEDIADORES DA
APRENDIZAGEM EM ELETROSTÁTICA NUMA ESCOLA PÚBLICA DE
MACEIÓ/AL**

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Mestrado Nacional Profissional em Ensino De Física em Rede Nacional do Instituto de Física da Universidade Federal de Alagoas no Curso de Mestrado Profissional de Ensino de Física (MNPEF), como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Ensino de Física.

Orientador: Dr. Iram Marcelo Gléria

Maceió

2017

**Catalogação na fonte
Universidade Federal de Alagoas
Biblioteca Central**

Bibliotecário Responsável: Helena Cristina Pimentel do Vale

C837u Costa, Ysmailyn Siqueira.

Uso de experimentos didáticos como mediadores da aprendizagem numa escola
pública de Maceió-AL / Ysmailyn Siqueira Costa. – 2017.

66 f. : il.

Orientador: Iram Marcelo Glória.

Dissertação (Mestrado Profissional em Ensino de Física) – Universidade Federal
de Alagoas. Instituto de Física. Programa de Pós Graduação de Mestrado Nacional
Profissional em Física, Maceió, 2017.

Bibliografia: f. 48-50.

Apêndices: f. 51-66.

1. Física – Estudo e ensino. 2. Física – Métodos experimentais. 3. Didática.
4. Eletrostática. I. Título.

CDU: 53:37.02



UNIVERSIDADE FEDERAL DE ALAGOAS
INSTITUTO DE FÍSICA

Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física – Polo 36 - UFAL
Campus A. C. Sáoder - Av. Lourival de Melo Mota, 507
Tubarão dos Mares - 57.872-970 - Maceió - AL - Brasil
Tel.: (82) 3214-1663; Coordenação-Grau/36: (82) 3214-3421;
Coordenação Pós-Grau/36: (82) 3214-1421 / 3214 - 1267



**PARECER DA BANCA EXAMINADORA DE DEFESA DE
DISSERTAÇÃO DE MESTRADO**

**"USO DE EXPERIMENTOS DIDÁTICOS COMO MEDIADORES
DA APRENDIZAGEM EM ELETROSTÁTICA NUMA ESCOLA
PÚBLICA DE MACEIÓ/AL"**

por

Yamailyn Siqueira Costa

A Banca Examinadora composta pelos professores, Dr. Iram Marcelo Glória (orientador), do Instituto de Física da Universidade Federal de Alagoas, Dr. Pedro Valentim dos Santos, do Instituto de Física da Universidade Federal de Alagoas e Dr. Frederico Salgueiro Passos, do Instituto Federal de Alagoas – Campus Maceió, considera o candidato aprovado.

Maceió, 15 de agosto de 2017.

Prof. Dr. Iram Marcelo Glória

Prof. Dr. Pedro Valentim dos Santos

Prof. Dr. Frederico Salgueiro Passos

Dedico este trabalho à minha filha Lavínia
Siqueira, nascida durante este Mestrado e
que me traz muitas alegrias diariamente.

AGRADECIMENTOS

Em primeiro lugar agradeço a Deus pelo dom da Vida e da Sabedoria; para mim não há sentido viver sem Ele.

À minha esposa Laise Siqueira por todo o carinho, compreensão e incentivos durante os diversos momentos da vida. A todos os familiares pelo grande apoio.

Ao professor Iram Gléria por me orientar neste Trabalho e em outros momentos importantes de minha formação, desde o Ensino Médio em parceria com o prof. Argolo (emérito) do IFAL; muito obrigado pela confiança e pela dedicação em me orientar.

A todos os professores do Curso de Mestrado MNPEF e do Instituto de Física, que muito contribuíram para minha formação docente. Também aos colegas de turma Alberi, Cícero, Ibson, Edmilson, Marquirael, Rodrigo, Marcelo, Edelson e Fernando pelo companheirismo nestes dois anos; em especial aos três últimos, pelos diversos momentos de confraternização em família que tivemos.

E também à CAPES pelo apoio financeiro por meio da bolsa concedida.

RESUMO

A presente Dissertação trata sobre a aplicação do Produto Educacional construído durante o curso de Mestrado Profissional em Ensino de Física, vinculado ao Programa de Pós-Graduação do Instituto de Física da Universidade Federal de Alagoas. O Produto Educacional consistiu em um conjunto de roteiros para experimentos de baixo custo sobre a temática Eletrostática. Usar experimentos como estratégia de ensino em Física tem sido apontado por pesquisadores como uma das ações didáticas mais significativas no processo de ensino e aprendizagem. Também, os Parâmetros Curriculares Nacionais (PCN) recomendam o uso da experimentação, na qual se enfatize a relação teoria-experimento e que incorpore a interdisciplinaridade e a contextualização. A fim de colaborar para o aprimoramento do ensino da temática em questão, elaboramos os roteiros de experimentos e desenvolvemos nossas aulas baseados nesses experimentos, no primeiro bimestre letivo de 2016, com a participação de 38 alunos da 3^a série do Ensino Médio da Escola Estadual Ovídio Edgar de Albuquerque, na cidade de Maceió/AL. Para embasar este trabalho, consideramos as teoria de aprendizagem de Piaget, Vygotsky e a teoria da aprendizagem significativa de Ausubel, nas quais o aprendiz é o foco principal no processo de ensino e aprendizagem. O trabalho mostra uma descrição detalhada de como aconteceram essas aulas e mostraram como a experimentação no ensino de Física é uma ferramenta que auxilia no ensino e na produção de uma aprendizagem significativa.

Palavras-chave: Ensino de Física, Experimentos Didáticos, Eletrostática.

ABSTRACT

This dissertation deals with the application of the Educational Product built during the course of Professional Masters in Physics Teaching, linked to the Graduate Program of the Institute of Physics of the Federal University of Alagoas. The Educational Product consisted of a set of scripts for experiments of low cost on the Electrostatic theme. Using experiments as a teaching strategy in Physics has been pointed out by researchers as one of the most significant didactic actions in the teaching and learning process. In addition, the National Curriculum Parameters (NCP) recommend the use of experimentation, emphasizing the relationship theory-experiment and incorporating interdisciplinarity and contextualization. In order to collaborate to improve the teaching of the subject in question, we elaborated the experimental itineraries and developed our classes based on these experiments, in the first academic bimester of 2016, with the participation of 38 students of the 3rd grade of the Ovídio Edgar de Albuquerque State School, in the city of Maceió, AL. To support this work, we consider Piaget's learning theory, Vygotsky and Ausubel's meaningful learning theory, in which the learner is the focus in the teaching and learning process. The work shows a detailed description of how these classes took place and showed how experimentation in Physics teaching is a tool that assists in the teaching and production of meaningful learning.

Keywords: Physics education, experiments, eletricity

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1: INTRODUÇÃO	8
CAPÍTULO 2: FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA PARA AULAS EXPERIMENTAIS DE FÍSICA	12
2.1 O conceito de Natureza da Ciência.....	12
2.2 Teorias de Aprendizagem e a Experimentação no Ensino de Física.....	13
2.2.1 Piaget	14
2.1.2 Vygotsky.....	16
2.1.3 Ausubel.....	18
2.2 O Enfoque CTSA e a Experimentação no Ensino de Física.....	19
CAPÍTULO 3: DOS MÉTODOS E TÉCNICAS UTILIZADOS.....	22
3.1 Delineamento da Pesquisa	22
3.2 Participantes	24
3.3 A Intervenção Didática	24
3.4 Sobre a Avaliação	25
3.5 A Análise Textual Discursiva.....	26
CAPÍTULO 4: AULAS SOBRE ELETROSTÁTICA MEDIADAS PELA EXPERIMENTAÇÃO: RELATOS SOBRE A PRÁTICA IMPLEMENTADA	28
4.1 Primeiro Encontro	28
4.2 Segundo Encontro	30
4.3. Terceiro Encontro	32
4.4 Quarto Encontro	35
4.5 Quinto Encontro	35
4.6 Sexto Encontro	36
4.7 Sétimo Encontro	38
4.8 Oitavo Encontro.....	39
4.9 Nono Encontro.....	40
4.10 Décimo Encontro.....	43
CAPÍTULO 5: CONSIDERAÇÕES FINAIS	44
APÊNDICE A: ROTEIRO DO EXPERIMENTO: DEMONSTRAÇÕES ELETROSTÁTICAS	50
APÊNDICE B: ROTEIRO DO EXPERIMENTO: CONSTRUINDO UM ELETROSCÓPIO DE FOLHAS	53
APÊNDICE C: ROTEIRO DO EXPERIMENTO: LÂMPADA SEM FIO	55
APÊNDICE D: ROTEIRO DO EXPERIMENTO: CONSTRUINDO UM VERSORIUM	57
APÊNDICE E: ROTEIRO DO EXPERIMENTO: BLINDAGEM ELETROSTÁTICA.....	62
APÊNDICE F: ROTEIRO DO EXPERIMENTO: DEMONSTRAÇÕES ELETROSTÁTICAS COM O GERADOR DE VAN DE GRAAFF.....	64
Referências Bibliográficas	47

CAPÍTULO 1: INTRODUÇÃO

A disciplina de Física se apresenta, para estudantes de Ensino Médio no Brasil, dentro das Ciências da Natureza e Suas Tecnologias, as quais apresentam uma carga horária relevante dentro da estrutura escolar de ensino, conforme orienta os Parâmetros Curriculares Nacionais para o Ensino Médio (PCNEM, 1999). Também no Ensino Fundamental II são realizadas aulas da disciplina Ciências, nas quais é possível introduzir alguns conceitos da Física. Entretanto, a carência de professores desta disciplina, o desinteresse e a falta de significação nas salas de aula de ciências, bem como os altos índices de analfabetismo científico tem marcado uma crise no ensino contemporâneo de ciências.

Muitas críticas têm sido feitas ao chamado Ensino Tradicional, o qual pode ser caracterizado por defender que o aprendizado é adquirido através de muitas e sucessivas informações, estas sendo transmitidas apenas pela figura do professor. A metodologia utilizada é a da aula expositiva, não havendo, portanto, lugar para participação do aluno em criar, debater ou inquirir (COSTA, 2012).

A avaliação da aprendizagem no Ensino Tradicional consiste apenas em uma verificação da capacidade de memorização dos conteúdos expostos durante as aulas, para a qual são utilizados praticamente um único instrumento: sucessivas provas, muitas vezes sob o pretexto de treino para exames de seleção (vestibulares, ENEM, ENADE etc.).

Mais especificamente sobre o Ensino de Física para o Ensino Médio no Brasil, a abordagem tradicional tem gerado muitas consequências negativas para o ensino-aprendizagem dessa disciplina, das quais gostaria de enfatizar:

- **Abstração:** no afã de transmitir todo o conteúdo programado para aquela série, o professor expõe conceitos físicos muito abstratos, sem relacioná-los com qualquer situação ou fenômeno do cotidiano do estudante, o que deveria ser trabalhado de forma gradual, principalmente nessa faixa etária específica. É paradoxalmente intrigante que o professor de Física quase sempre comece a disciplina como "Física é a ciência que estuda a Natureza"!
- **Memorização de fórmulas:** é sabido que a Matemática é uma ciência muito importante no auxílio da descrição de um fenômeno físico. Porém, por muitas vezes, os alunos são incentivados apenas a memorizarem as inúmeras fórmulas

para uma determinada lista de assuntos. Mais absurdamente ainda, são utilizadas técnicas mnemônicas, até mesmo com algumas alusões libidinosas.

- **Resolução de exercícios:** resolver problemas também é uma importante estratégia para o ensino-aprendizagem de Física, mas fazer um ensino voltado apenas para o aprendizado e memorização de algoritmos de resolução de exercícios-problemas tem sido frequente nas aulas de Física.

Uma justificativa recorrente ao exercício do Ensino Tradicional nas aulas de Física foi por muito tempo a preparação para exames seletivos, como os vestibulares. Penso que o Exame Nacional do Ensino Médio (ENEM), principalmente após sua reformulação em 2009, tem exigido dos estudantes mais que abstração ou memorização de fórmulas e sim, habilidades e competências específicas em compreender fenômenos físicos.

Além disso, várias propostas e/ou estratégias metodológicas, as quais visam a melhoria do Ensino de Física, têm sido pesquisadas e relatadas nas revistas e nos eventos especializados no Brasil, dos quais pode-se destacar o Simpósio Nacional do Ensino de Física (SNEF), o Encontro de Pesquisa em Ensino de Física (EPEF) e as revistas Caderno Brasileiro do Ensino de Física (CBEF) e a Revista Brasileira do Ensino de Física (RBEF). Podem ser citadas como estratégias os jogos didáticos (físicos e online), experimentos, simuladores, projetos interdisciplinares, atividades investigativas, o uso da História e Filosofia da Ciência, dentre outras.

Nos veículos científicos acima citados, vem enfatizando-se cada vez mais propostas que viabilizem uma aprendizagem significativa em Ciências¹, ou seja, que o processo de ensino-aprendizagem permita ao aluno uma relação entre o que está sendo ensinado e seu conhecimento prévio e seu cotidiano. Ao contrário disso, a aprendizagem se torna mecânica, com a memorização de fórmulas, enunciados e algoritmos de resolução de exercícios, que logo serão esquecidos após o período letivo.

Uma visão muito comum sobre aulas de Ciências é de que elas só teriam eficácia se todo um ritual metodológico fosse seguido: assuntos complicados, com diversas fórmulas; leitura de livros complexos e atividades experimentais bem sofisticadas, as

¹ Teoria da Aprendizagem Significativa foi proposta pelo psicólogo estadunidense D. P. Ausubel, “cujas formulações iniciais são dos anos 60, encontram-se entre as primeiras propostas psicoeducativas que tentam explicar a aprendizagem escolar e o ensino a partir de um marco distanciado dos princípios condutistas” (PELLIZARI, 2002).

quais sempre confirmam a teoria estudada. É possível que a escola tenha um laboratório de Ciências bem equipado, mas que não são utilizados por falta de habilidade dos professores ou mesmo por receio de danificar os equipamentos e materiais.

Nesse contexto, deve-se enfatizar que o Ensino Tradicional vai além de ministrar aula com quadro e pincel (ou giz); recursos de multimídia ou de laboratório podem ser utilizados e, mesmo assim, a aula continuar tradicional. Especificamente sobre as aulas experimentais, apenas mostrar um experimento aos alunos não é necessariamente eficiente, pois ele não é autoexplicativo; não basta apenas fazê-lo. É preciso que a Física contida nesses experimentos se torne evidente.

Além disso, a experimentação no Ensino de Física ganhou muito destaque dentre as várias estratégias entre os professores por darem possibilidade aos alunos para que desenvolvam habilidades para bem fazer da Ciência, sendo elas observar, identificar, selecionar, formular e testar hipóteses e modelos, corroborando para o exercício da autonomia, a qual seria uma virtude em alto grau de hierarquia na escala de competências (GUIMARÃES, 2014). Além disso, os experimentos não devem ser apenas apresentados para confirmar uma lei física ou apenas confirmarem a validade de equações físicas; na verdade, a matematização não é o foco da experimentação e sim, analisar os fenômenos da natureza e confrontá-los com as leis da Física já descobertas (ou não). É imprescindível que uma aula experimental seja dinâmica, com a participação ativa dos estudantes, em manusear equipamentos, coletando dados e questionando os resultados obtidos.

Portanto, o professor de Física ao produzir uma aula experimental deve considerar vários aspectos metodológicos para que esta não seja mais uma forma de expor leis, enunciados e equações físicas, nem muito menos que se torne um show de mágica. É preciso considerar teorias de aprendizagem e fundamentos histórico-epistemológicos que subjazam tais práticas experimentais, para que o ensino de Física seja coerente e cada vez mais contextualizado para os estudantes de Ensino Médio, conforme as orientações constantemente encontradas nos PCNs.

Nesse contexto adotamos como problema de pesquisa da presente Dissertação de investigar: **1)** como experimentos didáticos sobre Eletricidade podem influenciar na aprendizagem de alunos de uma Escola Pública de Maceió? **2)** Como esses estudantes podem relacionar essas aulas experimentais com os conceitos da Ciência Física e com seu cotidiano?

Acreditamos que conhecer sobre essas relações possa trazer à tona discussões de como o professor de Ciências e a escola podem empreender transformações, objetivando um ensino de Ciências cada vez mais significativo para os alunos e para a comunidade.

Para que o objetivo da nossa pesquisa fosse atingido, a presente Dissertação foi estruturada da maneira que se segue. No capítulo a seguir é apresentada uma fundamentação teórica, que na visão deste autor, podem nortear a prática de aulas experimentais, sobre o constructo Natureza da Ciência, algumas teorias de aprendizagem (Piaget, Vygotsky e Ausubel) e um breve resumo sobre o enfoque Ciência, Tecnologia, Sociedade e Ambiente (CTSA) no Ensino de Física. No Capítulo 3, há uma descrição da metodologia adotada para a presente pesquisa, como o delineamento e as técnicas de coleta e análise de dados. No Capítulo 4, a intervenção didática é descrita em detalhes de como foi desenvolvida, relatando-se como aconteceram as aulas experimentais em Eletricidade e os experimentos realizados; também feitas as análises das respostas ao instrumento de avaliação escolar, aplicado após a intervenção didática, encerrando com o Capítulo 5, nos quais tecemos as Considerações Finais.

CAPÍTULO 2:

FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA PARA AULAS EXPERIMENTAIS DE FÍSICA

2.1 O conceito de Natureza da Ciência

Nos tempos modernos, as concepções populares sobre o conhecimento científico aproximam-se muito daquelas que podem ser classificadas como empírico-indutivistas: que o conhecimento científico é derivado de observações experimentais, das quais são formuladas leis e teorias científicas. Sendo assim, muitos professores, estudantes e sociedade tendem a ver a Ciência como fonte confiável de informações, pois, em seus entendimentos, da Ciência provém conhecimentos que dantes foram provados objetivamente (CHALMERS, 1993).

Dentro da Filosofia da Ciência, filósofos e educadores em Ciência tem discutido acerca dessas concepções sobre Ciências, sobre o trabalho do cientista e sobre o desenvolvimento da Ciência, originando o conceito chamado de **Natureza da Ciência**. Nas palavras de Lederman (2006), o constructo Natureza da Ciência pode ser definido como:

NdC tipicamente refere-se às características do conhecimento científico que são derivadas de como o conhecimento é desenvolvido (ou seja, investigação científica). [...] NdC refere-se a fundamentos epistemológicos das atividades da ciência e às características do conhecimento resultante (LEDERMAN, 2006, p. 3-4).

As visões sobre Ciência do senso comum ou mesma aquelas desenvolvidas durante a vida escolar deixam de incluir aspectos muito relevantes da atividade científica tais como “o caráter dinâmico da descoberta, a natureza da dúvida, a influência de concepções diversas do sujeito, o processo de pesquisa, ou mesmo a existência de conflitos entre diferentes pensamentos sobre o que vem a ser Ciência e aqueles que a praticam” (KOSMINSKY, 2002). Lederman (2006) relata que tem pesquisado há mais de duas décadas sobre essas e outras características do conhecimento científico, as quais tem sido chamados na literatura de *aspectos da NdC*:

- A distinção entre observação e inferência
- A relação e a distinção entre leis e teorias científicas
- O conhecimento científico é, pelo menos parcialmente, baseado em e/ou derivado da imaginação e criatividade humanos.
- O conhecimento científico necessariamente é parcialmente subjetivo e nunca pode ser totalmente objetivo.
- A ciência como um empreendimento humano é praticada no contexto de uma cultura maior e seus praticantes (cientistas) são o produto dessa cultura. Ciência, segue-se, afeta e é afetada por vários elementos e esferas intelectuais da cultura em que está inserida.

- O conhecimento científico nunca é absoluto ou certo, está sujeito a alterações/mudança.
- O conhecimento científico é empiricamente baseado (p. 4).

Lederman (2006) mostra ainda uma evolução nas linhas de pesquisa sobre NdC, que partiram de investigações sobre as concepções de alunos, para investigações sobre os currículos, depois sobre as concepções de professores, bem como sobre a eficácia relativa entre diferentes abordagens instrucionais.

Sobre a linha de pesquisa investigação sobre concepções de estudantes sobre NdC, as pesquisas dos últimos 50 anos têm mostrado que os alunos de ensino médio não possuem concepções “adequadas” de NdC (LEDERMAN, 2006). Esse foco de pesquisa é relevante no sentido de que, uma vez conhecida qual a concepção que os estudantes têm acerca dos assuntos da NdC, práticas do ensino de ciências podem ser construídas e/ou modificadas visando levar os estudantes a concepções mais adequadas de NdC, que é um dos objetivos do presente Trabalho.

Acerca das diversas práticas de sala de aula que podem ser eficazes no ensino de NdC, Lederman (2006) cita as chamadas abordagens *explícita* e *implícita*: a primeira se constitui de ensinar sobre NdC do mesmo modo que outras finalidades cognitivas mais tradicionais, deixando visível ao estudante os aspectos da NdC dentro da abordagem instrucional desenvolvida pelo professor. A segunda considera que estudantes aprenderiam sobre NdC como consequência de estarem inseridos em atividades no formato de investigação laboratorial/científica, sem que houvesse aí qualquer referência direta à NdC.

Segundo Lederman (2006), as pesquisas empíricas desde a década de 1990 indicam claramente que o uso da abordagem explícita tem tido mais ganhos significativos em ensinar sobre NdC a professores e estudantes. No entanto, aponta também que há pouquíssimas pesquisas que fizeram comparações relativas entre diferentes abordagens explícitas, no sentido de investigar se uma é melhor que outra ou se é mais eficaz uma combinação de abordagens.

2.2 Teorias de Aprendizagem e a Experimentação no Ensino de Física

As teorias da aprendizagem, como assim são chamadas as teorias de Piaget, Vygotsky, entre outras, são aquelas que se preocupam em explicar o que é, porque funciona e como funciona a aprendizagem em um ser humano, embora a aprendizagem

não seja, necessariamente, o termo central das obras de tais autores.

Também se evidencie que o termo aprendizagem é referente à aprendizagem cognitiva, que diferentemente das aprendizagens afetiva e psicomotora, resulta no armazenamento organizado de informações e conhecimentos sobre o mundo ao longo da vida do indivíduo.

Neste capítulo, trazemos um breve resumo de algumas teorias de aprendizagem e como tais estão relacionadas à experimentação no Ensino de Física, de forma que balizaram a intervenção didática proposta neste trabalho.

2.2.1 Piaget

Dentro da teoria construtivista, na qual o conhecimento humano é visto como construção do homem, de forma individual ou coletiva, a teoria do desenvolvimento cognitivo de Jean Piaget (1896 – 1980) é a mais conhecida e mais influente. Biólogo, psicólogo e epistemólogo suíço, Piaget propôs um campo de investigação chamado epistemologia genética, baseada no desenvolvimento biológico do ser humano, dividindo este em quatro períodos gerias de desenvolvimento cognitivo: i) *sensório-motor* (do nascimento até cerca de dois anos); ii) *pré-operacional* (dos dois aos seis ou sete anos); iii) *operacional concreto* (de sete ou oito anos até 11 ou 12 anos) e iv) *operacional-formal* (de 11 ou 12 anos até à idade adulta).

Relacionar cada etapa acima supracitada foge ao escopo do presente trabalho, mas em suma, a criança descentraliza suas ações em relação ao seu eu ao passo que vai entrando num mundo de várias perspectivas. Aos poucos o pensamento vai se organizando, sendo capaz de fazer certos raciocínios lógicos, baseada em hipóteses, as quais evoluem de concretas para verbais. As crianças podem atingir cada período com idades diferentes daquelas previstas e também que a passagem de um período para outro não acontece de maneira abrupta. Porém, o mais importante é que a ordem dos períodos é invariante, isto é, todo adulto passou pelos períodos cognitivos da teoria piagetiana.

Em cada período cognitivo, a criança gradualmente se insere nas regras, valores e símbolos da maturidade psicológica, através de três mecanismos: *assimilação*, *acomodação* e *equilíbrio*. Segundo Moreira (2014), ao abordar a realidade, o organismo humano constrói esquemas mentais de *assimilação*; quando a mente assimila, o organismo incorpora aos seus esquemas de ação aquela realidade assimilada. Quando isso não ocorre, é porque os esquemas de ação do indivíduo não conseguiram assimilar aquela situação, existindo então duas possibilidades: ou ele desiste ou ele se modifica,

isto é, constrói novos esquemas de assimilação. Neste último caso, diz-se que houve uma *acomodação*, pois, a mente humana se reestruturou sua maneira de assimilar. Então, um processo de adaptação marca um equilíbrio entre a assimilação e a acomodação, visto que novas experiências, não assimiláveis, levam a novas acomodações e novos equilíbrios na cognição do indivíduo, de forma que este processo de *equilibração majorante* (como chamava Piaget) acontece até o período das operações formais (adolescência) e até mesmo na idade adulta, em algumas áreas do pensamento humano.

Para exemplificar os conceitos-chave da teoria piagetiana, Ferrari (2012) traz a seguinte ilustração:

A criança que tem a ideia mental de uma ave como um animal voador, com penas e asas, ao observar um avestruz vai tentar assimilá-lo a um esquema que não corresponde totalmente ao conhecido. Já a acomodação se refere a modificações dos sistemas de assimilação por influências do mundo externo. Assim, depois de aprender que um avestruz não voa, a criança vai adaptar seu conceito geral de ave para incluir as que não voam (FERRARI, 2012).

Ainda segundo Moreira (2014), a teoria de Piaget não é a rigor uma teoria de aprendizagem, mas uma teoria do desenvolvimento da mente humana; o próprio evitava o termo aprendizagem, preferindo falar em “aumento de conhecimento”. Entretanto, pode-se afirmar que de acordo com a teoria piagetiana, a aprendizagem só ocorre quando acontece a acomodação, ou seja, quando a estrutura cognitiva do indivíduo se reestrutura e com ela os esquemas de assimilação existentes, algo que resulta em novos esquemas de assimilação. Isso se aplica ao ensino-aprendizagem de forma que a Escola e o professor estejam sempre atentos a provocar desequilíbrios na mente da criança, buscando a equilibração majorante dela, de forma que se reestruture cognitivamente e assim, aprenda. Também que o ensino esteja compatível com o nível de desenvolvimento mental em que a criança está.

Moreira (2104) ainda ressalta que outra consequência da teoria de Piaget para o ensino é a de “que ele deve ser acompanhado de ações e demonstrações e, sempre que possível, deve dar aos alunos a oportunidade de agir (trabalho prático). Segundo Kubli (1979), estas ações devem sempre estar integradas à argumentação, ao discurso, do professor”, pois somente assim o conhecimento é produzido.

Na prática da experimentação em Física para estudantes de Ensino Médio, a teoria de Piaget pode fornecer alguns subsídios ao professor e à própria prática. Considerando que esses estudantes matriculados nos cursos regulares, estão na fase da adolescência, será comum que os mesmos estejam numa transição do período das operações concretas

para o período das operações formais. Isso significa que nessa faixa etária, as capacidades de realizar pensamentos hipotético-dedutivos e de abstrair ainda estão sendo consolidadas. E já que a disciplina de Física exige, em certo grau, algumas abstrações e hipóteses formais (não concretas), o que pode decorrer em pouco ou nenhum aprendizado; por isso, é importantíssimo o papel da experimentação: mostrar, através do concreto e palpável, a explicação ou descrição de um fenômeno físico, expresso, na maioria das vezes, em uma linguagem lógico-matemática.

Considere-se que somente mostrar o experimento e depois explicar uma lei da Física, sem fazer uma conexão lógica entre eles, pode não levar a um aprendizado satisfatório, pois o aluno nem sempre fará as etapas de assimilação/acomodação/equilíbrio majorante sozinho; assim, precisa do discurso orientador do professor para que produza, assim, seu conhecimento.

2.1.2 Vygotsky

Lev Semenovitch Vygotsky (1896 – 1934) foi um cientista bielorrusso, com formação nas áreas de Direito, Medicina e Psicologia. Suas leituras sobre as teorias da Psicanálise de Freud, do Behaviorismo e das ideias iniciais de Jean Piaget contribuíram muito para a vasta publicação que fez, não obstante morrer precocemente aos 37 anos, vítima de tuberculose.

Moreira (2014) afirma que para Vygotsky, a construção do conhecimento se dá através de relações entre seres humanos, ou seja, é uma teoria que toma como base o contexto social, histórico e cultural, diferentemente de Piaget que enfoca o indivíduo como unidade de análise. Segundo Vygotsky, todas as vezes que dois ou mais indivíduos se relacionam com intercâmbios de informações, trazendo entre si diferentes experiências e conhecimentos, aí acontece uma *interação social*, que é o veículo fundamental para a transmissão do conhecimento social, histórica e culturalmente construído.

As relações sociais, portanto, desencadeiam nos indivíduos o desenvolvimento dos chamados *processos mentais superiores* (pensamento, linguagem, comportamento). Entretanto, a internalização das informações obtidas no meio externo (social) acontece através de uma *mediação*, ou seja, não de forma direta. Para que essa mediação aconteça, leva-se em consideração o conceito de *instrumentos* e *signos*, os quais podem ser entendidos como “algo que pode ser usado para fazer alguma coisa” e “algo que significa alguma outra coisa” (MOREIRA, 2014, p.109), respectivamente. Vale ressaltar que, geralmente, o significado dado a um determinado signo é acordado para uma determinada

sociedade, num determinado período da História; através das interações sociais é que o indivíduo pode captar os significados já aceitos em seu contexto social.

Sabe-se que as sociedades, ao longo da História, construíram seus instrumentos – e isso fez o homem se diferenciar dos demais animais e dominar o ambiente à sua volta – e os sistemas de signos, como números, palavras etc., o que permitiu a comunicação e a transmissão de informações de geração em geração. O enfoque da teoria de Vygotsky sobre esse fato é de que o desenvolvimento cognitivo acontece por meio do uso e da apropriação desses construtos sociais (instrumentos e signos), sobre o que explica Moreira (2014):

“Quanto mais o indivíduo vai utilizando signos, tanto mais vão se modificando, fundamentalmente, as operações psicológicas das quais ele é capaz; quanto mais instrumentos ele vai aprendendo a usar, tanto mais se amplia, de modo quase ilimitado, a gama de atividades nas quais pode aplicar suas funções psicológicas” (p. 109)

É possível interpretar, a partir da análise do resumo da teoria de Vygotsky, que o homem somente se torna humano a partir de seu convívio com a sociedade, pois para Vygotsky, a formação da cognição humana “se dá numa relação dialética entre o sujeito e a sociedade ao seu redor – ou seja, o homem modifica o ambiente e o ambiente modifica o homem” (FERRARI, 2012b). Logo, sem a sociedade, o homem seria apenas mais um animal entre os demais.

Logo, para Vygotsky, a aprendizagem é condição necessária para o desenvolvimento e aquela se dá em função da apropriação do uso de instrumentos e do significado de signos. Nesse contexto, durante o ensino, o professor exerce o papel do adulto que já internalizou significados socialmente aceitos e através de uma interação social transmitira-los aos alunos. É seu papel verificar se o significado que aluno captou é aceito socialmente, pois a aprendizagem só será efetiva quando ambos (professor e aluno) compartilharem os mesmos significados.

A teoria de Vygotsky também pode trazer algumas orientações para a prática da experimentação em Física para estudantes de Ensino Médio. Tomando como base essa teoria, que é muito importante que após uma aula experimental o professor avalie seus estudantes, solicitando algum relatório, seminário etc., de forma que possa verificar se os significados captados por eles são aqueles socialmente (ou cientificamente, fisicamente) aceitos.

Também, como essa teoria prevê que a aprendizagem se dá pelas interações sociais, é interessante que o professor oriente, sempre que possível, a prática experimental

e sua posterior análise sejam realizados por grupos de alunos e não somente individual. Dessa forma, as interações aluno-aluno permitirão que aprendam eficientemente os conceitos da Física.

2.1.3 Ausubel

2.2 O Enfoque CTSA e a Experimentação no Ensino de Física

Embora não se tenha uma data precisa de quando o movimento CTS tenha surgido, é possível destacar que em meados do século XX, logo após a 2^a Guerra Mundial, se percebeu a necessidade de se debater sobre Ciência e Tecnologia e seus impactos sobre a Sociedade em geral.

No início do período pós-guerra, se acreditava em um chamado ‘modelo linear do desenvolvimento’, em que mais ciência implicava em mais tecnologia, que implicava em mais riqueza, que implicava em mais bem-estar social. Em relação ao ensino, surgiram, até a década de 70, projetos inovadores no Ensino de Ciências nos Estados Unidos e na Europa. Destacam-se, para o Ensino Médio, o PSSC (*Physical Sciences Study Committee*) na área de Física; o CBA (*Chemical Bind Approach*) na Química; o BSCS (*Biological Sciences Curriculum Study*) na Biologia e o SMSG (*School Mathematics Study Group*). Para o Ensino Fundamental recebe destaque o SCIS (*Science Curriculum Improvement Study*) e o SAPA (*Science: A Process Approach*).

Apesar de muito dinheiro e esperança serem depositados nesses projetos, eles não tiveram o sucesso esperado. Isso porque a ênfase dos projetos foi alocada às estruturas das disciplinas (os conceitos centrais e as teorias mais importantes que as caracterizavam), com escassa atenção dada às aplicações tecnológicas e aos aspectos pessoais e sociais relacionados.

Não demorou muito para a sociedade perceber que este modelo fracassaria, principalmente após o lançamento do *Sputnik* (satélite lançado pela antiga URSS). Assim sendo, em meados da década de 70 a Ciência, a Tecnologia e suas relações com a Sociedade passaram a ser entendidas sob uma nova e ampla perspectiva. Logo, os projetos acima citados foram reformulados de modo que fosse dada a ênfase ao ensino CTS.

Na década de 90, surgiu nos EUA o termo alfabetização científica, quando houve a preocupação em que estudantes desenvolvessem habilidades que lhes permitissem se tornar cidadãos ativos e responsáveis ao responder assuntos que teriam impactos em suas vidas. A partir dessas iniciativas, o enfoque CTS se disseminou no Ensino de Ciências ao redor do mundo, não mais como uma forma especial de educação, mas sim como um verdadeiro movimento de reforma curricular.

No Brasil, como em outros países da América Latina, as reflexões acerca das relações entre ciência, tecnologia e sociedade ganharam fôlego nos anos 1960 e 1970. Entretanto, o desenvolvimento acadêmico do campo CTS só se iniciou, timidamente, a partir dos anos 80 e, ainda hoje, as universidades brasileiras possuem um número bastante

reduzido de programas de educação superior inteiramente dedicados ao estudo das inter-relações entre ciência, tecnologia e sociedade, e esses se localizam quase exclusivamente no nível de pós-graduação.

Apesar disso, algumas mudanças vêm ocorrendo nos últimos anos e o movimento CTS vai gradativamente ganhando destaque no cenário educacional brasileiro; um marco importante nesse histórico foi a realização da Conferência Internacional de Ensino de Ciências para o século XXI: Alfabetização Científica e Tecnológica, realizado em 1990, na cidade de Brasília. Pode-se considerar também que a atual reforma curricular do Ensino Médio incorpora, em seus objetivos e fundamentos, elementos presentes nos currículos com ênfase em CTS.

Em decorrência desse avanço do movimento CTS no Brasil, alguns materiais didáticos e projetos curriculares já foram elaborados, com destaque para o projeto Unidades Modulares de Química; as coleções de livros de Física do GREF (USP) e Quanta Física (editora SM); os livros Curso de Física (autores Beatriz Alvarenga e Antonio Máximo), Física para o Ensino Médio (coleção Ser Protagonista, Editora SM), Química na Sociedade e Química, Energia e Ambiente.

Apesar desses materiais já existentes e disponíveis para escolas e professores, as salas de aula de ciências ainda tem sido, em maioria dos casos, lugares em que a transmissão de conteúdo ainda é o foco principal. Talvez pela inércia do movimento da Escola Tradicional, que formou assim professores universitários e por sua vez, formaram professores do Ensino Básico através dos cursos de licenciaturas. Também pela preocupação exagerada em a escola preparar os estudantes para processos de seleção de Ensino Superior. Em contrapartida, o Exame Nacional do Ensino Médio (ENEM) tem apresentado questões que trazem o enfoque CTS, de maneira contextualizada e interdisciplinar. É preciso, portanto, atentar para o uso do enfoque das relações entre Ciência, Tecnologia, Sociedade e Ambiente não como uma mera estratégia ou uma ação isolada na escola, mas convergir para um completo programa de ensino, na tentativa de uma Alfabetização Científica mais eficiente aos estudantes do Ensino Básico.

Em termos de legislação, CTS aparece nacionalmente a partir da criação dos Parâmetros Curriculares Nacionais (PCN), que apresentam recomendações mais explícitas sobre as relações CTS tanto para o Ensino Fundamental quanto para o Ensino Médio. Neste documento, para cada Ciência da Natureza (Física, Química e Biologia) são promovidas competências e habilidades que servem para o exercício de intervenções e julgamentos práticos por parte do estudante.

É preciso, portanto, que o Ensino de Física/Ciências seja feito de forma que o conteúdo deixe de ser um fim e passe a ser um meio para que o estudante possa interpretar o mundo ao seu redor e possa discutir, de modo crítico, os benefícios e malefícios para a vida e para o ambiente dos utensílios, serviços, alimentos e empreendimentos desenvolvidos pela ciência e tecnologia.

Nesse sentido, torna-se imprescindível a obrigatoriedade do ensino de Ciências e, em especial, o de Física no Ensino Fundamental e Médio, para que essa geração contribua de forma positiva para o crescimento mundial, em todos os aspectos: mais tecnologia, mais riqueza, mais praticidade, mais empregos, entretanto, melhor distribuição de renda, menos mortes, menos degradação ambiental etc.

CAPÍTULO 3: DOS MÉTODOS E TÉCNICAS UTILIZADOS

O presente capítulo tem por objetivo apresentar a metodologia utilizada para a execução do presente trabalho: o delineamento da pesquisa, os participantes envolvidos, a própria intervenção didática e uma técnica de análise de dados, a Análise Textual Discursiva.

A presente pesquisa foi conduzida coerentemente com as duas questões básicas de pesquisa, já expostas no Capítulo 1: **1^a**) como experimentos didáticos sobre Eletricidade podem influenciar na aprendizagem de alunos de uma Escola Pública de Maceió? **2^a**) Como esses estudantes podem relacionar essas aulas experimentais com os conceitos da Ciência Física e com seu cotidiano?

3.1 Delineamento da Pesquisa

Tomando como base trabalhos correlatos encontrados nos diversos veículos de comunicação científica nacional e também o livro de Bogdan & Biklen (1982), a pesquisa realizada pôde ser classificada como de cunho **qualitativo**, para o qual os autores destacam cinco importantes características, a saber:

1. *A pesquisa qualitativa tem o ambiente natural como sua fonte direta de dados e o pesquisador como seu principal instrumento:* o pesquisador deve estar inserido no ambiente da pesquisa, pois as pessoas, gestos, palavras estudadas numa pesquisa em Educação devem ter como referência ao contexto nos quais aparece, se tornando assim essencial para seu entendimento as circunstâncias particulares em que o objeto de estudo está inserido.
2. *Os dados coletados são predominantemente descritivos:* os dados numa pesquisa qualitativa se constituem de relatos de situações, descrições de pessoas, lugares e fenômenos, transcrições de entrevistas ou filmagens e até mesmo respostas dadas por escrito a questionários abertos. Não cabem aqui, de modo geral, os tipos de dados mais utilizados em pesquisas quantitativas, como tabelas, gráficos ou estatísticas.
3. *A preocupação com o processo é muito maior do que com o produto:* ao contrário das pesquisas quantitativas, as quais buscam, como intencionalidade, generalizar os resultados e observações obtidas de uma amostra para um conjunto maior de objetos/sujeitos, as pesquisas qualitativas tem um caráter mais exploratório, visando uma descrição mais detalhada do processo (no nosso caso, do processo educativo).

4. *O “significado” que as pessoas dão às coisas e à sua vida são focos de atenção especial pelo pesquisador:* uma situação típica de pesquisa qualitativa é levar em conta a perspectiva ou concepções dos participantes da pesquisa, ou seja, de que forma eles encaram as questões abordadas. Deve-se, entretanto, frisar o cuidado tomado pelo pesquisador em checar essas concepções, discutindo-as e confrontando-as com outros participantes, outros pesquisadores e com o referencial teórico adotado.

5. *A análise de dados tende a seguir um processo indutivo:* a pesquisa qualitativa não objetiva comprovar hipóteses previamente definidas; as abstrações ou o entendimento dos mecanismos atuantes no processo se consolidam a partir da análise dos dados, sempre de acordo com o método da indução (de baixo para cima). Isso não exclui a possibilidade da existência de um referencial teórico-metodológico que oriente a coleta e análise de dados, pois este pode ajudar ao pesquisador a afunilar questões e focos de interesses mais específicos.

Ainda segundo Rosa (2010), o presente trabalho pode ser classificado como **Pesquisa Empírica Experimental Qualitativa** (p. 37); **empírica**, vem da busca na realidade observável pelos dados sobre os quais tecerá sua análise; **experimental**, pelo fato de intervir na realidade que se quer estudar e **qualitativa** pelos argumentos já acima citados. Dentre os diversos *delineamentos* (desenho de como a pesquisa será executada) apresentados por Rosa (2010, p. 39), tais como Estudo de Caso, Pesquisa Etnográfica, Análise Documental etc. o presente trabalho se enquadra melhor no delineamento Pesquisa Experimental Qualitativa, pois, como afirma o autor:

São exemplos deste tipo de pesquisa aquelas nas quais novos métodos de ensino ou novas tecnologias são introduzidos para serem avaliados quanto à sua influência na aprendizagem, pelos alunos, de determinados conteúdos. Mudanças de percepção a respeito de determinado tema ou assunto induzidas por atividades com os alunos também são exemplos de estudos que têm esta natureza. (ROSA, 2010, p. 40)

Nesse delineamento, ainda segundo Rosa (2010), se caracteriza pela intervenção na realidade observada, com o uso de Instrumentos de Coleta de Dados de natureza qualitativa (entrevista, opinário, filmagem, testes com questões abertas etc.) e sugere a Técnica de Análise de Conteúdo Categorial com sendo a mais utilizada na área de Ensino de Ciências. Entretanto, utilizaremos no presente trabalho, uma técnica de análise de dados similar a esta, discutida ainda neste capítulo.

3.2 Participantes

Com a finalidade de investigar as concepções de estudantes de Ensino Médio sobre os conceitos de Eletricidade antes e após uma intervenção didática no Ensino de Física, a presente pesquisa foi realizada com uma turma do 3º ano do Ensino Médio da Escola Estadual Ovídio Edgar de Albuquerque, no bairro Tabuleiro dos Martins, em Maceió/AL no primeiro bimestre letivo de 2016, que durou de meados de maio ao fim de julho. Essa turma estudava no turno matutino, com 38 alunos, com faixa etária entre 16 e 21 anos.

O autor deste trabalho atuou, nesse período, como o professor titular de Física nessas turmas, com o vínculo de Professor Efetivo da Rede Estadual de Educação de Alagoas. A escolha desta turma foi coerente com a temática escolhida para o presente trabalho, haja vista que o Referencial Curricular do Estado de Alagoas (2014, p. 129-133) prevê os temas do Eletromagnetismo para a 3ª série do Ensino Médio; também, como melhor será comentado no Capítulo 4, a escolha da temática surgiu das experiências didáticas do autor deste trabalho.

O período da investigação junto à turma foi de 3 meses, aproximadamente, tempo necessário para a ministração de aulas teóricas e experimentais e aplicação de uma avaliação no fim do bimestre.

3.3 A Intervenção Didática

Durante o curso do Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física, Polo 36, no Instituto de Física da UFAL, o autor deste trabalho desenvolveu um produto educacional, consistindo num conjunto de roteiros de experimentos didáticos de baixo custo, para sua aplicação em turmas do Ensino Médio. Os roteiros encontram-se nos Apêndices A a F, cujo objetivo é de ser um material que sirva como subsídio didático ao professor de Física atuante na Educação Básica.

Esses roteiros foram seguidos pelo autor do presente trabalho de pesquisa, com data, local e público-alvo já acima mencionados, com o objetivo de validar sua aplicabilidade para o referido nível de Ensino; isso não deixa certo que a aplicação deste material por outro professor, em outra turma, local e época produzam os mesmos resultados de aprendizagem a serem discutidos no presente trabalho, mas, como já citado anteriormente, o foco da pesquisa qualitativa está no processo e não no produto.

A intervenção didática consistiu em aulas sobre a temática Eletrostática, mediadas pelos experimentos didáticos propostos no Produto Educacional, durante um bimestre

letivo. Para tal, foi utilizado o tempo de vinte horas-aulas, de 60 minutos cada, organizadas em 10 encontros (1 por semana), com cada encontro contendo duas horas-aulas

Os alunos de 3º ano de Ensino Médio nas escolas públicas de Alagoas geralmente estudam o assunto Eletrostática durante todo o primeiro bimestre letivo, como recomenda o Referencial Curricular do Estado de Alagoas (2014), o que é consoante com o livro didático adotado pela Escola (BONJORNO *et. al.*, 2013) e bastante utilizado pelo autor deste trabalho, na ocasião, professor de Física da turma escolhida. Nesse livro, a Unidade I (Eletrostática) é dividida em dois capítulos: Força Elétrica (cap. 1) e Campo Elétrico e Potencial Elétrico (cap. 2).

O livro foi bastante utilizado como subsídio de leitura, principalmente de boxes contendo pequenos textos que correlacionam o conteúdo da Física com episódios históricos ou informações de cunho científico-tecnológico. Também foram úteis no decorrer das aulas algumas gravuras, propostas de experiências e exercícios. Procurou-se ao máximo fugir do modelo de aula do Ensino Tradicional, baseando a didática numa interação mais intensa entre professor-aluno e aluno-aluno, cujo o foco da intervenção foi o uso de experimentos didáticos construídos com materiais de baixo custo e/ou recicláveis.

3.4 Sobre a Avaliação

O sistema de avaliação na Rede Estadual de Educação em Alagoas permite que o estudante acumule durante o ano letivo, de 0 (zero) a 40 (quarenta pontos) pontos em cada disciplina. O ano letivo é divido em quatro bimestres letivos e em cada um deles, o estudante pode obter de 0 (zero) a 10 (dez) pontos.

Ao longo de cada bimestre letivo, por recomendação dos Referenciais Curriculares de Alagoas (2014), são utilizados, pelo menos, 3 (três) instrumentos avaliativos para a composição das notas bimestrais, sendo eles: observação, trabalho individual, trabalho em grupo, debate, painel, seminário, auto avaliação, prova (individual, em dupla, com consulta, oral), relatórios e registro.

Para ser considerado **aprovado** o aluno deverá atingir a pontuação mínima de 24 (vinte e quatro) pontos em cada disciplina ao fim do ano letivo, o que corresponde a 60% do total e 75% de frequência durante o ano letivo. A reavaliação ou recuperação é realizada no término de cada bimestre letivo; ao fim do ano letivo é realizada uma

recuperação final, para alunos que obtiveram, no mínimo, 12 pontos e 75% de frequência durante o ano letivo, na qual se leva em conta um peso 4 para a média anual e peso 3 para a nota da prova final; após a média ponderada, o aluno deve obter média anual maior ou igual a 6,0 pontos.

Na presente metodologia, foram utilizados como instrumentos avaliativos do 1º bimestre letivo de 2016 nessa escola atividades correlatas ao tema Eletrostática: debates, trabalho em grupo, relatórios e prova (individual e sem consulta, no período de provas bimestrais, conforme decisão da gestão da Escola). A composição dessas notas foi baseada na participação dos debates propostos durante as aulas experimentais, às construções dos experimentos, à confecção e entrega dos relatórios, bem como na análise das respostas às questões abertas sobre a prática implementada, na prova bimestral. Com essa metodologia todos os alunos que compareceram às aulas experimentais e à Prova Bimestral, atingiram mais de 60% da pontuação máxima.

3.5 A Análise Textual Discursiva

Para análise dos dados obtidos durante a presente pesquisa serão adotados dois referenciais teóricos, a saber a Análise Textual Discursiva (ATD) – para organização dos dados – e os conceitos sobre aprendizagem expostos nas Teorias de Aprendizagem apresentados no Capítulo 2 – para discussões dos resultados.

A Análise Textual Discursiva (MORAES, 2003) é uma ferramenta de análise de textos, a qual pode ser melhor entendida como conjunto de orientações gerais de análise, que podem ser aplicadas e reconstruídas em diversas pesquisas qualitativas, pois não se constitui de um método fechado, com o objetivo de comprovar ou refutar hipóteses; visa-se através desta Análise, compreender os fenômenos observados nessas pesquisas.

No presente trabalho, os textos a serem analisados são as respostas dadas a algumas perguntas feitas em uma das avaliações realizadas (prova bimestral que foram propostas aos estudantes e que serão melhores detalhadas no Capítulo 4). Esses textos produzidos pelos estudantes se constituem nos *dados* da presente pesquisa, nos quais a ATD propõe a investidura de três processos – a *unitarização*, *categorização* e *comunicação* – os quais constituem um ciclo, em um processo que é auto-organizado (MORAES, 2003).

Ao fazer a leitura do texto a ser analisado, o leitor constrói significados a partir de seu referencial teórico e seus pontos de vista, fazendo-o de forma consciente ou não. Com

isso, surge o primeiro processo: a *unitarização* dos textos. Este se constitui em desmontar os dados, os quais em nossa pesquisa especificamente são palavras, expressões etc., em unidades mínimas de significado, considerando-se pertinentes aqueles consoantes com o propósito da pesquisa. É um momento no qual se exige bastante envolvimento do pesquisador, pois desconstrói o texto em unidades menores e é a percepção de relação entre essas unidades que trará uma nova ordem ao caos semântico estabelecido.

Uma segunda etapa, chamada *categorização*, constitui-se de agrupar em categorias as unidades de significado próximo, as quais foram estratificadas na etapa da unitarização. Para a criação de categorias, Moraes (2003) cita três métodos que podem ser utilizados: o dedutivo, no qual as categorias são colocadas *a priori* com base em um referencial teórico adotado; o indutivo, pelo qual as categorias são construídas com base nas informações dos textos fragmentados; o intuitivo, quando o pesquisador focaliza o fenômeno como um todo, dando assim sentido às categorias, que são originadas a partir de *insights* de luz, de repentinhas inspirações.

O pesquisador após ter desconstruído o texto, rearrumado em categorias suas unidades mínimas e estabelecido relações entre elas, começará a construir um novo texto, na pretensão de descrever, analisar e interpretar os fenômenos observados. Essa terceira etapa é denominada *comunicação*. Nela, as compreensões alcançadas dos fenômenos são escritas em um metatexto, que pode ser mais descriptivo, numa aproximação com o texto original, quanto pode ser num movimento totalmente oposto, no qual seja dada mais ênfase à interpretação.

Um novo conhecimento e/ou entendimento é gerado a cada vez que o pesquisador se submete a um novo ciclo de unitarização, categorização e comunicação. Entenda-se ainda esse ciclo como um movimento em espiral, no qual cada vez que é feito uma compreensão mais profunda é atingida. Por isso Moraes (2003) afirma que a ATD “em seu todo constitui um processo auto organizado do qual emergem novas compreensões” (p. 192).

CAPÍTULO 4:

AULAS SOBRE ELETROSTÁTICA MEDIADAS PELA EXPERIMENTAÇÃO: RELATOS SOBRE A PRÁTICA IMPLEMENTADA

Este capítulo descreverá como aconteceram as aulas sobre o assunto Eletrostática na turma escolhida para implementação da presente pesquisa. Como já dito anteriormente, será uma descrição de cunho qualitativo, de forma que se constitua nos dados da pesquisa e sobre os quais teceremos algumas considerações importantes, sempre buscando relacioná-las com o referencial teórico adotado, descrito nos Capítulos 2 e 3. Também tomarei a liberdade de fazer a descrição na 1^a pessoa do singular haja vista que as aulas, que serão as fontes de dados relevantes para esse trabalho, são por natureza dinâmicas, num processo participativo e dialógico, mediadas pelos experimentos a seguir descritos.

4.1 Primeiro Encontro

No início do ano letivo de 2016 (início de março do mesmo ano) aconteceu a primeira aula, que também foi o primeiro encontro entre o professor (autor deste trabalho) com a turma 3º ano B da Escola Estadual Ovídio Edgar, haja vista que eu não havia anteriormente lecionado ao referido público.

Após breves apresentações, apresentei o livro didático e expliquei que o subtítulo da disciplina Física para aquela série é Eletromagnetismo e Física Moderna. Rapidamente, expliquei o que estudaríamos neste último tópico e passei a falar do primeiro, que é a junção de dois ramos na ciência: a Eletricidade e o Magnetismo. Puxei uma cadeira e sentei no meio da sala e perguntei a todos se tinham alguma curiosidade com relação a algum desses temas, algo que eles já tivessem presenciado no cotidiano ou mesmo que tivesse ouvido falar a respeito.

As perguntas vieram, no começo, de uma forma tímida, mas ao passo que um ou outro estudante ia falando, ia-se despertando mais a curiosidade nos demais. Meu papel nesse momento foi apenas de moderar e tomar nota das perguntas feitas, às vezes incitando mais ainda a curiosidade deles com outros questionamentos, mas não o de responder. Foi uma aula muito diferente das que eu já tinha ministrado até então; percebi que certas conversas entre os alunos, que convencionalmente atrapalham a exposição dos conteúdos, eram comentários pertinentes ao assunto; os burburinhos que se formaram certas vezes, nada mais eram do que troca de informações e de experiências. Considerando a teoria sócio interacionista de Vygotsky, entendi que naquele momento

também acontecia aprendizagem, com a socialização de dúvidas, questionamentos e relatos de experiências.

Foram cerca de 30 perguntas feitas, eis alguns exemplos:

- *Quando uma pessoa leva um choque na tomada, por que fica grudada no fio?*
- *Também dizem que nessa situação a língua da pessoa enrola; isso é verdade?*
- Incitei aos estudantes com a seguinte pergunta: *se uma pessoa sofre um choque elétrico e consequentemente uma parada cardíaca, pode ser reanimado por médicos com um desfibrilador. Como o choque do desfibrilador salva a vida de quem tomou um choque elétrico em tomadas?*
- *Por que quando fios no poste ao se soltarem ou mesmo em transformadores em curto se observa as faíscas de fogo?*
- Baseada na pergunta acima, uma estudante indagou: *a eletricidade se propaga por meio de ondas, como o som, conforme estudamos ano passado (2º ano do Ensino Médio)?*
- *Como a água se transforma em eletricidade na usina hidrelétrica?*
- *Como o ser humano descobriu a eletricidade?* Dentre outras.

Eles ficaram muito surpresos com o fato de eu não dar as respostas às perguntas feitas, inclusive alguns comentaram ao fim da aula “se você é professor tem a obrigação de responder e tirar nossas dúvidas” ou ainda “isso não é aula; você não ensinou nada, apenas deixou a gente com mais dúvidas”. Eu resolvi fazer a aula dessa forma, primeiramente baseado na experiência pessoal de que todos os anos em que começava a disciplina de Física para terceiros anos do Ensino Médio, explicava que estudaríamos Eletricidade e Magnetismo, mas em contrapartida percebia o desânimo de muitos estudantes mediante a exaustiva exposição de conceitos físicos tão abstratos como carga, força, campo e potencial elétrico, ao ponto de ter ouvido muitas vezes comentários de que a Eletricidade do cotidiano é uma e a Eletricidade estudada pela Física é outra.

Isso me incomodou bastante nos meus primeiros anos de docência; resolvi mudar um pouco a estratégia e adotar a sequência de assuntos para esta série do Ensino Médio proposta pelo livro do Grupo de Reelaboração do Ensino de Física, o GREF – eletromagnetismo (GREF, 1995), que inicia com conceitos relacionados à Eletrodinâmica e como eles se aplicam nos circuitos elétricos. Até o presente momento da realização da

pesquisa, abandonei o ensino da Eletrostática, por não considerar proveitoso um ensino de conceitos abstratos, com enfoque apenas na rigorosa matematização do tema, como o cálculo dos vetores força e campo elétricos.

Encerrei a aula explicando aos estudantes que um dos objetivos da disciplina Física é de entender conceitos científicos que possam embasá-los a responder coerentemente as perguntas por eles formuladas e por fim, fiz a distribuição do livro didático a todos os presentes.

4.2 Segundo Encontro

Comecei esta aula pedindo que os alunos se organizassem em grupos de até 4 componentes, que resultou neste dia em 8 grupos, para realização de experiências, algo que causou de início, grande euforia, haja vista terem comentado que NUNCA haviam feito uma única aula experimental em Física, algo realmente surpreendente, mas, infelizmente, corriqueiro no Ensino Médio, principalmente de escolas públicas. Expliquei que para que houvesse ordem em toda a aula, eu faria algumas perguntas e somente 1 componente (após debate entre o grupo) falaria por todos, pois dessa forma, a descrição logo a seguir das respostas são em função dos grupos e não dos estudantes individualmente, o que facilitou a tabulação dos dados.

A seguir, distribuí os seguintes materiais entre os grupos e pedi que aguardassem instruções: papel toalha, canudos de plástico, um pedaço de papel alumínio e uma porção de bolinhas de isopor, retiradas de uma touca térmica para cabelos. Instruí-los a esfregarem o canudo de plástico com o papel toalha e aproximasse das bolinhas de isopor e pedi que relatassem o ocorrido e explicassem o fenômeno observado. Começaram a aparecer algumas respostas, entretanto, para incitar mais ainda o debate, eu sempre retrucava com outra pergunta. Eis alguns exemplos:

Grupo 3: Professor, se existe atração, é porque um deles é positivo e o outro negativo!

Professor: Então qual deles é o positivo e o negativo?

Grupo 3: Aí não tem como saber, né, professor?

Professor: Se um é positivo e o outro negativo, porque antes de esfregar o canudo no papel, nada acontece?

Não houve respostas. Continuei provocando:

Professor: *Se um é positivo e o outro negativo, significa que existe eletricidade no canudo, correto?*

Todos: *Sim, com certeza!*

Professor: *Então, por que eu não levo nenhum tipo de choque?*

A partir dessa última pergunta a turma se dividiu em ideias:

Grupo 1 e 3: *Pra que as bolinhas grudassem, tem que ter o positivo e o negativo, e isso é eletricidade, mas deve ser pouca pra não ter dado o choque.*

Grupo 2: *ninguém toma choque com isso porque estamos todos calçados, aí ficamos isolados da terra.*

Nessa hora, alguns estudantes prontamente ficaram descalços e fizeram teste com o canudo eletrizado, mas nada foi percebido de diferente; ninguém tomou choque, o que já era de se esperar, já que a corrente elétrica estabelecida na descarga do canudo é muitíssimo pequena.

Grupo 5: *Professor, acho que não seja eletricidade e sim por conta do calor; quando esfregamos o canudo, ele esquenta e deve ser esse calor que atrai as bolinhas de isopor.*

De fato, achei muito interessante essa hipótese levantada e não quis dizer de imediato que não estava certo. Propus à turma que em casa, testasse de outra forma a hipótese acima: aproximasse das bolinhas de isopor uma xícara com café ou com chá quente e observasse se haveria atração.

Novamente não dei as explicações nem as respostas às perguntas que surgiram e que os estudantes procurassem em pesquisas explicações para o que eles observaram em sala. Essa atitude, a qual se repetiu muitas vezes durante a intervenção didática e que tem sido uma rotina em minha prática docente se justifica na crença que tenho de que o professor em primeiro lugar não sabe tudo e em segundo, quando sabe, não deve ser apenas um transmissor de informações. A curiosidade é fundamental para aquisição de conhecimento, isso é o que impulsiona a Ciência e, portanto, o mínimo de conhecimento científico que estudantes da Educação Básica possam construir não será a partir da memorização de conceitos ou equações, e sim, a partir de uma dúvida, de um questionamento, de o olhar a Natureza.

Prossegui a aula pedindo que os estudantes picotassem o papel alumínio e repetissem o procedimento de eletrizar o canudo; posteriormente aproximasse-o dos

pedacinhos de papel alumínio. O mesmo fenômeno foi observado: o canudo atraiu os pedacinhos de papel alumínio; entretanto, pedi que repetissem esse procedimento, prestando mais atenção aos pedaços de papel alumínio. Alguns alunos perceberam e começaram então a comunicar a toda a turma que alguns pedacinhos de papel alumínio grudavam no canudo e rapidamente se soltavam, como se fossem jogados para longe do canudo.

Esse foi um fenômeno que ninguém conseguiu dar algum palpite ou explicação, pois intrigantemente alguns pedacinhos de papel alumínio estavam grudados no canudo e outros eram repelidos dele, por causa da eletrização por contato.

Depois disso, distribui entre os grupos pedaços de barbante e solicitei que pendurassem um canudo, mais ou menos pelo meio geométrico dele e atritasse apenas uma metade desse canudo; depois aproximasse desse canudo pendurado, pelo lado atritado e pelo não atritado, um outro canudo também atritado e observasse o que acontecia. Observa-se, nesse caso, atração entre o corpo carregado e o neutro (parte não atritada do canudo pendurado) e repulsão entre os canudos, já cada um adquiriu o mesmo sinal de carga na eletrização por atrito com o papel toalha.

Novamente os alunos voltaram a afirmar que o canudo estava carregado, dando uma explicação bem plausível sobre a repulsão elétrica, apesar de não entenderem naquele momento o porquê da eletrização do canudo.

Encerrei a aula demonstrando que o canudo, uma vez atritado, podia ficar grudado na parede ou no quadro branco e incitei-lhes a fazerem o mesmo, ao passo que muitos conseguiram. Novamente não lhes expliquei o motivo e encerrei a aula, solicitando que pesquisassem sobre os fenômenos observados em sala, até mesmo lendo o primeiro capítulo do livro. Também solicitei que os mesmos trouxessem um eletroscópio de folhas, conforme orientações do roteiro (Apêndice B) e de vários vídeos e sites na internet que poderiam auxiliá-los.

4.3. Terceiro Encontro

Neste dia, fiz uma aula expositiva sobre vários conceitos da Eletrostática, muito embora haver uma participação considerável da turma, mediante às explicações que iam surgindo dos fenômenos que tinham sido observados no último encontro. Antes mesmo de eu ter começado essas explicações, percebi que alguns estudantes já tinham lido a respeito e já conseguiam explicar os processos de eletrização, o que me deixou bastante

satisfeito, em ter despertado o interesse nos estudantes, algo que a cada ano que passa, percebo que decresce nos alunos, não somente em Física, mas no próprio fato de estudar.

Expliquei que quando o canudo foi atritado com o papel toalha, ocorreu uma *eletrização por atrito* entre esses objetos. Isso acontece porque as estruturas atômicas dos dois objetos em questão ficam tão próximas, o que ocasiona transferência de elétrons (cargas negativas) de um para outro. Assim, um fica com excesso de elétrons em detrimento de outro que perdeu elétrons, tornando-se corpos carregados com cargas de sinal negativo e positivo, respectivamente.

Ao aproximar o canudo dos pequenos objetos, como as bolinhas de isopor ou pedaços de papel alumínio, que inicialmente estão **neutros**, ocorre neles indução de cargas e pelo princípio de atração-repulsão, ocorre atração entre eles. Foi possível observar também que alguns pedaços de papel alumínio, ao se encostarem no canudo, foram rapidamente repelidos; isso ocorreu porque havendo o contato, os pedaços de papel alumínio adquiriram a mesma carga que o canudo e, então, foram repelidos (*eletrização por contato*).

Também foi possível observar a repulsão elétrica no chamado pêndulo eletrostático; quando se atrita o canudo de plástico com o papel, adquire uma carga elétrica de determinado sinal. Quando se aproxima outro canudo, eletrizado sob as mesmas condições, logo ambos têm o mesmo sinal de cargas e percebe-se a repulsão elétrica mútua entre ambos.

O último experimento proposto na aula anterior foi o de grudar canudos de plástico nas paredes ou no quadro branco da sala. Isso se deve ao fato de que ao aproximar o canudo eletrizado de uma superfície eletricamente neutra, as cargas elétricas do canudo atraem as cargas de sinal oposto na superfície. Entretanto isso não explica o fato de o canudo não cair; deve-se levar em conta que o canudo tem massa e, portanto, age sobre ele uma força peso; já que ele permanece em repouso, uma força de atrito entre o canudo e a superfície equilibra a *força peso*. Deve-se lembrar também de que a força de atrito é diretamente proporcional à *força de reação normal à superfície*, e esta, já que o corpo está em repouso, é igual em módulo à força elétrica que prende o canudo à superfície. Para facilitar o entendimento desse último tópico, desenhei um diagrama de forças ou de corpo livre para o canudinho; percebi que alguns lembraram que estudaram aquilo no 1º ano do Ensino Médio, entretanto, nunca utilizaram com um exemplo concreto.

Com o auxílio de uma projeção feita com o Datashow, mostrei algumas aplicações da eletricidade estática como a pintura eletrostática, as descargas elétricas em raios e o

controle de umidade nas indústrias de tecelagem, por conta da eletrização por atrito entre os tecidos e as máquinas, algo que poderia causar acidentes. Também as descargas elétricas em carros ou maçanetas de portas, esses últimos não percebidos em nossa cidade haja vista a umidade do ar; o ar úmido é mais condutor que o ar seco, o que impede de corpos ficarem muito tempo carregados com eletricidade estática.

Muitos alunos trouxeram seus eletroscópios de folhas, alguns inacabados e comecei a ajudá-los a terminar a montagem. Particularmente eu tinha planejado levar para a aula uma TV de tubo, para ver a deflexão das folhas, por causa da eletrização por indução, entretanto não consegui a TV. Sabia que era possível fazer a experiência com o canudo carregado, mas não tinha certeza se a umidade do ar atrapalharia a visualização do experimento e para minha surpresa, funcionou. Houve um espanto pela maioria dos estudantes, pois devidos às explicações que eu tinha dado até então, o corpo carregado atrai corpos neutros, entretanto, se observa uma repulsão nas folhas de papel alumínio. Foi aí que expliquei como funciona a *eletrização por indução* e que a repulsão observada é pelo fato de as folhas de papel alumínio ficarem ambas com mesmo sinal.

Para finalizar a aula, questionei se todos os estudantes estavam convictos de que aqueles fenômenos eram realmente por ocasionados por um tipo de eletricidade ou se isso ainda era duvidoso. Uma aluna relatou que em anos anteriores ela estudou numa escola SESC no Rio de Janeiro, onde toda estrutura física da escola era baseada na sustentabilidade e uso de materiais recicláveis; segundo ela, o piso era à base de garrafas pet e que frequentemente todos sentiam pequenos choques ao tocar uns nos outros ou nas maçanetas das portas; e concluiu dizendo que a partir daquela aula ela entendia perfeitamente a razão daquelas pequenas descargas elétricas.

Entretanto, surgiu um questionamento nos seguintes termos: “Se isso realmente é eletricidade, teria como gerar energia a partir dessa eletricidade estática?”. Expliquei que a energia elétrica que abastece as nossas casas tem um valor considerável de corrente elétrica, que está relacionado à velocidade do movimento daquelas cargas, o que não é possível em Eletrostática. Mas propus uma experiência naquele instante para tentar convencê-los ainda mais, que é o experimento Lâmpada sem Fio (Apêndice C).

Deixei a sala escura e comecei a esfregar a lâmpada com um saco plástico seco e percebemos a lâmpada ficar acesa por curtos intervalos de tempo e em regiões localizadas. Expliquei rapidamente que a luz da lâmpada fluorescente se deve ao fato de se formarem, devido à tensão aplicada, íons nos gases internos (que podem ser vapor de mercúrio e argônio), os quais passam a emitir radiações UV e essas radiações, se

encontrando com o fósforo, que reveste internamente o tubo da lâmpada, produz a luz branca. No caso da eletrização por atrito, algumas cargas se movem pelos gases e pelo princípio já explicado, há emissão de luz, porém a corrente ocorre em curto intervalo de tempo e sua intensidade é muito pequena.

Encerrei a aula fazendo conjuntamente aos estudantes uma breve leitura no livro didático sobre a origem do termo eletricidade, que provém do termo âmbar (*elektron*, no grego, que significa âmbar-amarelo), “sólido de origem fóssil, encontrado em resinas de certos tipos de madeira” (BONJORNO, 2013, p.12), que os antigos gregos descobriram que quando atritada com a lã, poderia atrair pequenos objetos como gravetos e folhas secas. O filósofo grego Tales de Mileto (sec. VII a. C.) foi o primeiro a relatar suas observações experimentais com o âmbar, de onde dizemos que nasceu o ramo da Física denominado Eletricidade.

4.4 Quarto Encontro

Reservei esta aula para exibição de um vídeo-documentário, intitulado *A História da Eletricidade*, produzido em 2011 pela emissora britânica BBC e apresentada pelo professor e pesquisador em Física, Jim Al-Khalili.

A série, em 03 episódios de 60 minutos cada, mostra a evolução das principais ideias e conceitos na área do Eletromagnetismo, com a demonstração dos experimentos originais (ou réplicas destes), nos principais museus de ciências, universidades e até mesmo residências dos cientistas envolvidos nessa História.

O primeiro episódio, *A Faísca*, começa mostrando a invenção da máquina eletrostática de Hauskbee, no século XVII.

4.5 Quinto Encontro

Esta aula foi uma aula de exposição de alguns conceitos relacionados a força e campo elétrico. Após algumas considerações históricas sobre esses conceitos, trabalhei a questão dos cálculos dos vetores força e campo elétrico e algumas situações propostas pelo livro didático e outros exercícios de vestibulares selecionados para a ocasião. Recomendei algumas atividades para serem executadas naquele momento, a fim de perceber o desempenho global da turma e de alguns alunos em particular (digo alguns,

mas o ideal seria avaliar a todos naquele momento; entretanto o tempo não foi propício a tal).

Percebi uma extrema dificuldade na execução dos cálculos recomendados, no tocante ao amadurecimento matemático dos estudantes: lidar com potências de dez, transformações de unidades, lidar com multiplicações sucessivas de grandezas etc. Busquei auxiliar alguns poucos alunos e, em virtude do tempo, fiz as resoluções no quadro para o acesso de todos.

Encerrei a aula pedindo que trouxessem alguns materiais para experimentos na aula seguinte, como garrafas pet com tampas, papel alumínio e latas de refrigerante.

4.6 Sexto Encontro

Esta foi a primeira aula na intervenção didática relatada realizada no Laboratório de Ciências da Escola; antes não tinha sido possível, pois era um ambiente abandonado e inutilizado na Escola. Tive de convencer a gestão de fazer uma limpeza e arrumação e de instalar um aparelho de ar-condicionado.

Comecei esta aula pedindo que os alunos se organizassem em grupos de até 6 componentes, que resultou em 6 grupos nesse dia. O objetivo desta aula foi de montar um *versorium* (seguindo o roteiro do Apêndice D) para visualização dos efeitos de indução e blindagem eletrostática.

Deixei alguns minutos destinados a ver o desenrolar das atividades práticas dos estudantes de acordo com a leitura do roteiro, reforçando que devessem ter o máximo de cuidado, pois esta atividade envolveu o recorte da superfície de alumínio das latas de refrigerante para confecção das “agulhas” para o *versorium*. Cheguei a confeccionar algumas para demonstrar melhor o corte e dimensões. Passamos uma hora-aula até que todas as equipes estivessem com seus *versorium* prontos, algo que não foi encarado por mim nem pelos alunos como “perda de tempo”, mas sim como algo proveitoso, pelo fato de eles estarem manipulando os materiais e construindo a própria experiência.

Logo em seguida passamos à execução do experimento, fazendo a eletrização por atrito no canudo de plástico com o papel toalha e aproximando do *versorium* (base feita com a tampa de plástico da garrafa, suportando a agulha giratória, com todo o conjunto envolto da garrafa pet transparente para proteção contra as correntes de ar). Ao observarem o movimento da agulha ficaram surpresos, tanto pela distância entre o canudo

e agulha que permitiu a interação eletrostática (cerca de 20 cm), quanto pelo fato de o plástico da garrafa pet não a impedir.

Aproveitei o primeiro questionamento levantado para revisar, de forma dialógica, sobre o conteúdo visto em aula anterior, campo elétrico, o ente físico que permite as interações elétricas naquele contexto; o canudo após atritado, ficou com excesso de cargas, criando-se ao redor deste um campo elétrico tal que induziu os elétrons livres da superfície metálica (agulha) a se moverem, num sentido tal que fosse respeitado o Princípio de Atração-Repulsão.

Foi um momento oportuno também para explicar melhor o que são esses elétrons livres nos metais e sua relação com a distribuição eletrônica proposta por Linus Pauling; este último conteúdo é geralmente estudado na 1^a série do Ensino Médio, na disciplina de Química e a maioria dos estudantes alegaram lembrar de ter visto aquele conteúdo, porém não o entendiam nem sabiam sobre aplicações sobre isso no cotidiano. Após fazer algumas distribuições eletrônicas para alguns metais no quadro, expliquei que são aqueles elétrons na camada de valência, por estarem a uma maior distância do núcleo, sofrem uma menor atuação da força elétrica e são eles os portadores de carga em circuitos elétricos. Isso confere aos metais a propriedade de possuírem alta condutibilidade elétrica (e térmica também).

Sobre o segundo questionamento levantado: “por que o plástico, sendo um isolante, ainda sim permite que o canudo atraia a agulha do *versorium*? ” Expliquei sobre o fato de que sendo o plástico um dielétrico, não há livre movimentação das cargas, havendo nele apenas uma polarização, segundo o Princípio de Atração Repulsão, no qual as superfícies interna e externa ficam com sinais de cargas opostos, e sim, as cargas da superfície interna interagem com a agulha do *versorium*, através do campo elétrico.

A partir de então, fiz a proposta de envolver a garrafa pet com uma folha de papel toalha e repetir a experiência; depois, de envolver a garrafa com uma folha de papel alumínio e repetir a experiência. Eles observaram que na primeira situação a agulha do *versorium* continuava sendo defletida em função do movimento do canudo eletrizado.

Entretanto, com o papel alumínio entre esses corpos, não foi observada, com espanto dos estudantes, interação eletrostática. “Como, professor, não acontece nada com o *versorium* se o papel alumínio é de metal? ”, foi uma das muitas perguntas feitas nessa ocasião; na concepção dos estudantes, o anteparo metálico iria potencializar o efeito do campo elétrico na indução de cargas no *versorium*. Pedi que eles se voltassem à explicação dos elétrons livres no metal, pois sendo assim, todas as cargas se localizam na

superfície externa do papel alumínio; mas não cheguei a enunciar, que dado esse fenômeno, a Lei de Gauss prevê campo elétrico nulo no interior do corpo metálico, ao que chamamos de blindagem eletrostática.

Finalizei a aula, distribuindo mais um roteiro de experimentos (Apêndice E) sobre blindagem eletrostática, comentando com eles que entenderiam melhor ao fenômeno não explicado por completo do *versorium* a partir destas outras experiências, a serem realizadas extraclasse. Também, que reunissem todas as informações e construíssem um relatório de experimentos, no qual contivesse fotos das experiências realizadas, explicando inclusive, o porquê dos fenômenos físicos observados.

4.7 Sétimo Encontro

Para esta aula estava prevista a entrega dos relatórios individuais sobre os experimentos propostos sobre blindagem eletrostática (apêndice E); o presente instrumento foi considerado e registrado como o instrumento de avaliação Relatório, conforme o Referencial Curricular de Alagoas (2014), de 0 (zero) a 1,0 (um) ponto.

Todos os alunos entregaram o Relatório, embora a maioria teve dúvidas na execução da primeira parte do experimento, para elevar as tiras de papel. Resolvi, reproduzir naquele momento, o experimento proposto, para que os que não visualizaram os fenômenos esperados pudessem vê-los em sala. Antes de explicar o conteúdo físico ali envolvido, perguntei se o texto do roteiro proposto estava incompreensível quanto aos procedimentos a serem executados, o que foi retrucado com respostas e comentários sobre a falta de figuras no roteiro, pois geralmente estavam mais acostumados a olharem em sites de vídeos como fazer ou montar alguma experiência. Mas também perceberam, nesta aula, que a simplicidade dos procedimentos envolvidos não necessitava de recursos visuais no texto; analisando a situação, pude relacioná-la à falta de leitura dos alunos de manuais instrucionais, numa perspectiva de que é necessário, em certos momentos, que o estudante possa trazer à realidade concreta informações que pareçam abstratas no texto, já que se espera, que estudantes nessa idade, já tenham iniciado o *período das operações formais*, citado na teoria piagetiana, no Capítulo 2.

Já a parte da blindagem do aparelho celular com o papel alumínio foi facilmente executada pelos estudantes, comentada com bastante entusiasmo por eles; entretanto, percebi na leitura dos relatórios, quase nenhuma explicação dos fenômenos apresentados de autoria própria. Quase que a totalidade dos estudantes fizeram uma transcrição das

explicações dadas pelo livro ou por sites de pesquisa, o que foi posteriormente comentado com eles num sentido de conscientização do uso dos dados e referências às fontes alheias, sobre o plágio e sobre a maneira correta da escrita do relatório: com as próprias palavras, embasado em alguma teoria física.

No momento seguinte, passei a explicá-los sobre a Lei de Gauss para Eletricidade, que prevê que o campo elétrico pode ser determinado em função do fluxo de linhas de campo atravessando uma superfície e que no presente caso, como o corpo em questão é condutor, as cargas elétricas em excesso se localizam na superfície externa devido à influência de carga elétrica externa. E a partir dessa exposição, passei a explicar com detalhes sobre as experiências realizadas: o versorium envolto de papel alumínio, realizado em aula passada e os experimentos propostos no Apêndice E. Todos eles podem ser explicados pelo princípio da blindagem eletrostática.

Também passei a explicar num contexto mais aplicado sobre esse conceito, a fim de produzir uma aprendizagem significativa e não apenas do conteúdo pelo conteúdo. Para tanto, citei como a blindagem eletrostática pode explicar a proteção dos ocupantes de veículos ou aeronaves mediante descargas elétricas e a blindagem feitas em alguns componentes de circuitos elétricos e cabos coaxiais; neste último há uma figura com um aumento bem detalhados das camadas, que utilizei como ilustração (BONJORNO, 2013, p.47).

Encerrei a aula recomendando a leitura do boxe “O grande truque”, proposto no livro didático (BONJORNO, 2013, p.47), que trata de um filme, de mesmo nome, o qual expõe a vida e obra de dois mágicos, e um deles busca ajuda do físico Nikola Tesla.

4.8 Oitavo Encontro

Nesta aula, cujo conteúdo ensinado foi sobre Potencial Elétrico e Diferença de Potencial Elétrico, contamos com um gerador de Van de Graaff, pertencente à Usina Ciência da UFAL e, na ocasião, emprestado à Escola para demonstração.

Fiz uma rápida exposição do conceito Potencial Elétrico e Diferença de Potencial Elétrico, fazendo uma analogia com o potencial gravitacional; também expus, devido às explicações que surgiriam no uso do gerador de Van de Graaff, o conceito de corrente elétrica e as unidades de medidas de tensão e corrente elétrica (volt e ampère, respectivamente), as quais justificam os nomes dados a essas grandezas no cotidiano: voltagem e amperagem.

A seguir passamos às demonstrações feitas com o gerador eletrostático; a princípio, desmontei-o para mostrar seu princípio de funcionamento: processos de eletrização por atrito, por contato e por indução.

4.9 Nono Encontro

Esta aula coincidiu com a semana das Provas Bimestrais, sendo uma prova escrita e individual, para composição da nota do 1º bimestre. Por recomendação da gestão da presente Escola, essa prova teve pontuação atribuída de 0 (zero) a 5,0 (cinco) pontos. Dos 38 alunos matriculados e participantes da presente pesquisa, compareceram a este dia de prova 34 alunos.

A seguir, quero expor as cinco questões que constaram nessa prova, acrescida de um comentário sobre a escolha da questão e quais objetivos eu pretendia alcançar com as referidas perguntas.

1^a) *Quatro bolinhas de isopor, M, N, P e Q, eletricamente carregadas, estão suspensas por fios isolantes. Quando aproximamos a bolinha N da M, nota-se uma atração entre elas. Ao aproximar-se da P, a bolinha*

N é repelida, enquanto se nota uma atração quando a bolinha P se aproxima da Q. Dentre as possibilidades, I, II, III, IV e V, sobre os sinais das cargas elétricas de cada bolinha, indicadas na tabela abaixo, quais são compatíveis com a observação?

	M	N	P	Q
I	+	-	-	+
II	-	-	+	+
III	-	+	-	+
IV	-	+	+	-
V	+	+	-	-

- a) Apenas III e V.
- b) Apenas II e IV.
- c) Apenas II e V.
- d) Apenas I e IV.
- e) Apenas I e V.

Essa questão, aplicada no vestibular da Universidade Federal da Amazônia (UFAM), teve por objetivo testar os conhecimentos dos estudantes sobre o Princípio Atração-Repulsão, muito comentado e visualizado nas aulas experimentais. Houve um acerto de 100% desta questão e acredito que as aulas experimentais tenham sido favoráveis a esse resultado.

2^a) Três esferas de metal idênticas A, B e C estão carregadas com cargas – 3Q, 2Q e 8Q, respectivamente. A esfera C é colocada em contato com a esfera B e depois afastada. A seguir, a esfera C é colocada em contato com a esfera A e depois afastada. Qual a carga final nas esferas A, B e C, respectivamente?

Essa questão, aplicada no vestibular da Universidade Federal de Juiz de Fora, MG (UFJF-MG), teve por objetivo aferir os conhecimentos dos estudantes sobre o Princípio da Conservação de Cargas, nesse processo de eletrização por contato; embora não houve um experimento quantitativo, para medir as cargas antes e depois de um processo de eletrização, o fenômeno foi visualizado nas aulas experimentais. Houve um acerto de 15 alunos (44% dos que fizeram a prova) nesta questão, 7 alunos deixaram em branco e o restante não acertou.

3^a) Duas pequenas esferas A e B, de mesmo diâmetro e inicialmente neutras, são atritadas entre si. Devido ao atrito, $5,0 \cdot 10^{12}$ elétrons passam da esfera A para a B. Separando-as, em seguida, a uma distância de 8,0 cm, calcule a força de interação elétrica entre elas em intensidade, em newtons.

A questão acima foi utilizada no vestibular da Pontifícia Universidade Católica, de Campinas, São Paulo. O objetivo aqui foi aferir o amadurecimento matemático e o uso da Lei de Coulomb, vistos também durante a presente intervenção.

Houve um acerto de 8 alunos (23,5% dos que fizeram a prova) nesta questão, 13 alunos deixaram em branco e o restante não acertou. Isso não me desanimou, mas satisfeito em mais da metade dos estudantes terem tentado responder; as habilidades de cálculos não são a ênfase deste trabalho nem de minha prática docente, mas considero também importante para a formação do aluno.

4^a) Sobre o experimento que foi realizado em sala no qual um canudo de plástico ficavam grudados na parede após o atrito com uma folha de papel toalha. Sabendo-se que o plástico tem a tendência de ficar eletrizado negativamente quando atritado com papel, responda:

a) Uma vez atritados o papel com o canudo de plástico, quem ganha e que perde elétrons?

b) Explique porque o canudinho atraiu as bolinhas de isopor ou os pedacinhos de papel alumínio.

A presente questão foi de autoria própria, com o objetivo de obter, por escrito, as explicações para os fenômenos eletrostáticos vistos em aula.

5^a) Os cientistas realizam experimentos/investigações científicas quando estão tentando encontrar respostas para as questões que eles propuseram. Os cientistas usam sua criatividade e imaginação durante suas investigações? Se sim, por favor, explique por quê; se você acredita que cientistas não usam a imaginação e a criatividade, explique por quê.

Adaptada de Lederman (*apud* TEIXEIRA, 2003), esta difere do original em número de perguntas que esta última contém; assim, a original foi reduzida a esta forma que se apresenta acima. Com ela pretendeu-se obter um posicionamento dos estudantes quanto à criatividade e subjetividade humanas presentes na Ciência. Pode ser citado o seguinte aspecto do constructo Natureza da Ciência, apontado por Lederman (2006), presente nessa questão: “O conhecimento científico é, pelo menos parcialmente, baseado em e/ou derivado da imaginação e criatividade humanas” (p.4).

Não assinalei nem como certo nem como errado a quem respondeu a essa pergunta, apenas com um ok, por não haver, de fato, resposta certa ou errada. Considerando-se a técnica de Análise de Dados já exposta no Capítulo 3, a Análise Textual Discursiva, as respostas dadas à essa questão se constituíram de dados, os quais submetidos às etapas de unitarização, categorização e comunicação, chegamos à seguinte análise, que nos levou à identificação das seguintes categorias:

Os cientistas usam sua criatividade e imaginação para fazer experimentos (6 respostas). Nessa categoria foram inclusas as respostas que afirmavam que o cientista usa sua criatividade para criar, montar e realizar experimentos. Essas respostas deixaram em evidência o quanto está associado ao trabalho do cientista a atividade experimental nas concepções dos estudantes. Também que a criatividade humana só está presente nessa etapa de construção do conhecimento científico. A seguinte resposta é citada como exemplo: “Eu acho que ele [o cientista] usa a imaginação e a criatividade, pois sem isso acho que seria praticamente impossível realizar um experimento [...].”

Os cientistas não usam sua criatividade e imaginação (24 respostas). A maioria dos estudantes expuseram que não acreditavam no uso da imaginação e criatividade humanas durante uma investigação científica. Isso pode ser devido ao ensinamento do “Método científico” como fechado, sem levar em conta o indivíduo que

realiza a pesquisa, suas emoções, anseios ou visão de mundo. Uma resposta é citada aqui como exemplo: “Não usam a imaginação, pois [a explicação] deles não é como a religião, que vai muito pelas ideias culturais. A ciência usa a razão, as experiências e a matemática para explicar as coisas da vida”.

Respostas não compreendidas (4 respostas): As respostas de alguns estudantes não foram compreendidas, no sentido de que, para o autor deste Trabalho, houve posicionamentos dúbios e/ou confusos por parte dos estudantes, não permitindo uma categorização validada. Muitos estudantes, ao que pareceu, entenderam o verbete imaginação presente na referida pergunta como pensamento operatório, quando, na verdade, o sentido dado a imaginação neste Trabalho foi de abstração por parte do cientista.

4.10 Décimo Encontro

Este dia foi reservado, seguindo o calendário escolar, para a avaliação de Recuperação Bimestral, para os que não alcançaram a nota mínima no bimestre. Compareceram 04 estudantes, os quais haviam faltado no dia da avaliação Prova Bimestral. Foi aplicada uma prova escrita, de 0 (zero) a 10,0 (dez) pontos para substituir a nota obtida no bimestre, a qual não fará parte da análise deste Trabalho.

CAPÍTULO 5: CONSIDERAÇÕES FINAIS

Essa Dissertação trouxe o relato da implementação de uma intervenção didática em uma turma de 3^a série do Ensino Médio numa Escola Pública de Maceió/AL. Na referida Escola, o autor deste Trabalho atuou como Professor Efetivo de Física e elaborou previamente um Produto Educacional, como um dos requisitos do Programa de Pós-Graduação em Ensino de Física do Instituto de Física da Universidade Federal de Alagoas.

Tal produto consistiu num conjunto de roteiros comentados para execução de experimentos sobre Eletrostática, como um material de apoio a professores de Física no Ensino Básico. Os experimentos foram desenvolvidos na turma citada, numa sequência de 10 encontros, de duas horas-aulas cada um, totalizando um bimestre letivo. A estratégia sempre adotada foi de utilizar experimentos de baixo custo, uma vez que o laboratório de Ciências, comum às disciplinas de Física, Química e Biologia, existente na Escola não dispunha de nenhum experimento funcional sobre a Temática. Mas o espaço físico foi utilizado e aparelhos rudimentares como eletroscópios de folhas foram construídos e guardados lá. Nesse sentido, o laboratório, que era um espaço completamente inutilizável, “ganhou vida” novamente, com recorrentes aulas experimentais, mesmo após o período desta intervenção e mesmo para outras séries.

Os experimentos de Física na Escola ganharam notoriedade entre os próprios alunos, professores e gestores, que foi lançado um Projeto na Escola chamado Monitoria Experimental, no qual alguns alunos começaram a comparecer no turno contrário, em datas pré-agendadas, para confecção de experimentos de baixo custo, para as três séries do Ensino Médio. Esse foi um dos objetivos propostos no meu Plano de Trabalho, apresentado no início do Curso de Mestrado e que foi alcançado com sucesso, numa dimensão maior do que eu imaginava.

O outro objetivo alcançado foi a elaboração de um “catálogo” de roteiros de experimentos didáticos em Física, sobre o tema Eletrostática. Essa coleção de roteiros explicados em detalhes, que vão desde a confecção dos experimentos (quando foi o caso) até as prováveis formas de utilização destes e um subsídio explicando o porquê de tais fenômenos. Este se constitui aqui no Produto Educacional desta pesquisa, com objetivo de que professores de Física de nosso Estado e de todo o território nacional, utilizem-no em suas aulas de Física de Ensino Médio.

A intervenção didática também foi utilizada para melhor avaliar o aprendizado dos estudantes, não se fazendo o uso exclusivo de prova escrita contendo questões apenas de cunho matemático. Devido à intensa adesão aos trabalhos solicitados, foram utilizados instrumentos avaliativos como o Debate, o Relatório, o Trabalho em Grupo e a Prova Escrita Individual (prova bimestral). Com o uso desta metodologia, todos os alunos que compareceram às atividades experimentais e à prova bimestral, obtiveram nota igual ou superior à mínima exigida para aprovação, algo de muita satisfação para mim, embora a pontuação quantitativa quase nunca corresponde à percentagem de conhecimento adquirido sobre o conteúdo em questão.

Ao final da intervenção foi aplicada uma prova escrita individual, a qual continha cinco questões, algumas retiradas de vestibulares outras de autoria própria; algumas exigiam cálculos, porém outras apenas conceituais; houve grande número de acertos e devo isso ao dinamismo como ocorreram as aulas no período de intervenção.

Houve uma última questão, a qual objetivava depreender do discurso do aluno qual concepção ele tinha sobre o papel do cientista, especificamente, sobre o uso da criatividade na formulação de um modelo físico, hipótese ou teoria. Tal questionamento remete ao conceito Natureza da Ciência, da filosofia da Ciência, que visa investigar a epistemologia do trabalho da Ciência e do Cientista, na tentativa de desmistificar a Ciência e quem nela trabalha como detentores da Verdade.

Os resultados deste Trabalho não puderam nem poderão ser expressos em números, gráficos ou tabelas, por se tratar de uma pesquisa qualitativa e por não ser, desde o começo, o seu objetivo. Mas posso afirmar que o maior proveito aqui foi ter percebido, a cada aula que passava, um maior interesse pelas aulas de Física nesta turma; foi notar que “os olhos se abriram” e os estudantes podiam fazer relações entre conteúdos estudados e seu cotidiano; foi o fato de muitos compartilharem em sala de aula quer produziram alguns dos experimentos em casa ou entre amigos, disseminando assim o conhecimento físico e científico; foi também de incentivar e corroborar com uma melhor prática docente de minha parte, a ponto de expandir o uso de experimentos para outras salas e séries.

Encerro esse Trabalho relatando o quanto foi importante para mim, enquanto pessoa e enquanto profissional, a realização deste Curso de Mestrado em Ensino de Física. Percebi que há muitos enfoques dentro da área de experimentação no Ensino de Física, as quais não pude explorar, como enfoques teóricos-metodológicos diferentes dos utilizados aqui, do uso de Laboratórios Abertos, de Recursos Computacionais, Recursos

Eletrônicos, Simuladores e Jogos Online ou mesmo a disponibilização dos roteiros em blogs e sites especializados. Deixo aqui registrado a intenção de continuar a pesquisar e desenvolver na temática da experimentação no Ensino de Física como projeções para trabalhos futuros ou, até mesmo, ascender na pós-graduação nessa mesma temática.

Referências Bibliográficas

ALAGOAS. Secretaria de Estado da Educação e do Esporte (SEE/AL). **Referencial Curricular da Educação Básica da Rede Estadual de Ensino de Alagoas: Ciências da Natureza.** 2014. 222 p.

AZEVEDO, Maria C. P. Stella de. Ensino por Investigação: Problematizando as atividades em sala de aula. In: CARVALHO, Ana M. Pessoa de (org.). **Ensino de Ciências: unindo a pesquisa e a prática.** São Paulo: Thompson, 1999, p. 19 – 33.

BRASIL. Ministério da Educação. Secretaria de Educação Média e Tecnológica. **Parâmetros Curriculares Nacionais:** Ensino Médio. Brasília: Ministério da Educação, 1999. 364 p. Disponível em: http://portal.mec.gov.br/index.php?option=com_content&view=article&id=12598:publicacoes%20 Acesso em: 26 jul. 2016.

BOGDAN, R. e BIKLEN, S. K. **Qualitative Research for Education.** Boston: Atlyn and Bacon Inc., 1982 *apud* LÜDKE, H. A. e ANDRÉ, M. E. D. **Pesquisa em Educação: Abordagens Qualitativas.** São Paulo: EPU, 2013, 2^a ed.

BONJORNO, José Roberto *et. al.* **Física:** Eletromagnetismo, física moderna (3º ano). São Paulo: FTD, 2013.

COSTA, Emileide Lucineia da. **Ensino Tradicional.** Disponível em: <http://www.portaleducacao.com.br/pedagogia/artigos/11345/ensino-tradicional>. Acesso em: 10 ago. 2016.

CHALMERS, A.F. **O que é ciência afinal?** Tradução: Raul Fiker. São Paulo: Brasiliense, 1993.

DRIVER, Rosalind; *et. al.* Construindo conhecimento científico na sala de aula. **Química Nova na Escola.** São Paulo: Sociedade Brasileira de Química, n.9, p. 31-40, 1999.

FERRARI, Márcio. Jean Piaget, o biólogo que colocou a aprendizagem no microscópio. Disponível em: revistaescola.abril.com.br/formacao/jean-piaget-428139.shtml?page=1 . Acesso em: 01 ago. 2015.

FERRARI, Márcio. Lev Vygotsky, o teórico do ensino como processo social. Disponível em: revistaescola.abril.com.br/formacao/lev-vygotsky-teorico-423354.shtml?page=2 . Acesso em: 05 ago. 2015.

GREF: Grupo de Reelaboração do Ensino de Física. **Eletromagnetismo**, vol 1. EDUSP: 1995 (2^a ed.).

GUIMARÃES, Osvaldo; PIQUEIRA, José Roberto; CARRON, Wilson. **Física 1: Física, Ensino Médio (Manual do Professor)**. São Paulo: Ática, 2014.

KÖHNLEIN, J. F. K.; PEDUZZI, L. O. Q. Uma discussão sobre a Natureza da Ciência no Ensino Médio: um exemplo com a Teoria da Relatividade Restrita. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 22, n. 1, 36-70, 2005.

KOSMINSKY, Luis; GIORDAN, Marcelo. Visões sobre Ciência e sobre o cientista entre estudantes do Ensino Médio. **Química Nova na Escola**, n.15, p. 11 – 17, maio 2002.

LEDERMAN, Norman. G.; ABD-EL-KHALICK, F. Improving Science Teachers' Conceptions of Nature of Science: a Critical Review of the Literature. **International Journal of Science Education**, v. 22, n. 7, p. 665-701, 2000.

LEDERMAN, Norman G. Research on nature of science: reflections on the past, anticipations of the future. **Asia-Pacific Forum on Science Learning and Teaching**, v. 7, n. 1, 2006. Disponível em: http://www.ied.edu.hk/apfslt/v7_issue1/foreword/index.htm. Acesso em: 03 jan. 2014.

MATTHEWS, M. R. História, Filosofia e Ensino de Ciências: a tendência atual de reaproximação. **Caderno Catarinense do Ensino de Física**, Florianópolis, v. 12, n. 3, p. 164-214, 1995.

MORAES, Roque. Uma tempestade de luz: a compreensão possibilitada pela análise textual discursiva. **Ciência & Educação**, v. 9, n. 2, p. 191-211, 2003.

MOREIRA, Marco Antonio. **Teorias de Aprendizagem**. São Paulo: Editora Pedagógica Universitária, 2014. 2^a ed.

NEHRING, Cátia M. *et. al.* As ilhas de racionalidade e o saber significativo: o ensino de ciências através de projetos. **ENSAIO – Pesquisa em Educação em Ciências**, v. 02, n. 1, p. 1-18, mar. 2002.

TEIXEIRA, Elder Sales. **A influência de uma abordagem contextual nas concepções sobre a Natureza da Ciência**: um estudo de caso com estudantes de Física da UEFS. Dissertação (mestrado) – Universidade Federal da Bahia – UFBA, Instituto de Física, Salvador, 2003, 130p.

TEIXEIRA, E. S.; FREIRE, O.; EL-HANI, C. N. A influência de uma abordagem contextual sobre as concepções acerca da Natureza da Ciência de estudantes de Física. **Ciência e Educação**, v. 15, n. 3, p. 529-556, 2009.

TEIXEIRA, E. S.; GRECA, I. M.; FREIRE, O. Uma Revisão Sistemática das Pesquisas Publicadas no Brasil sobre o Uso Didático de História e Filosofia da Ciência no Ensino de Física. In: PEDUZZI, L. O. Q.; MARTINS, A. F. P.; HIDALGO, J. M. (Orgs.). **Temas de História e Filosofia da Ciência no Ensino**. Natal: EDUFRN, 2012, p. 9-40.

PELIZZARI, Adriana *et. al.* Teoria da Aprendizagem Significativa segundo Ausubel. **Revista PEC**, Curitiba, v. 2, n. 1, p.37-42, jul. 2001.

ROSA, P. R. da Silva. **Um curso de Metodologia da Pesquisa em Ensino de Ciências**. Campo Grande: EDUFMS, 2010.

APÊNDICE A:

ROTEIRO DO EXPERIMENTO: DEMONSTRAÇÕES ELETROSTÁTICAS

A1. Objetivos

O presente experimento tem como objetivo fazer algumas demonstrações eletrostáticas utilizando materiais de baixo custo e/ou alternativos. Através desse aparato experimental, pretende-se observar o fenômeno da eletrização por atrito, como corpos carregados interagem entre si e como funciona um eletroscópio.

A2. Material Utilizado

- Canudos de plástico;
- Folhas de papel toalha ou guardanapos;
- Papel alumínio;
- Bolinhas de isopor (sugestão: por uma questão de praticidade, você pode encontrar esse material em toucas térmicas para cabelo, em lojas especializadas);
- Uma base isolante (sugestão: massa de modelar)
- Barbante.

A3. Como Fazer Demonstrações Eletrostáticas

A3.1. Atraindo Objetos

Atrite o canudo de plástico com folhas de papel toalha e aproxime das bolinhas de isopor e depois dos pedacinhos de papel de alumínio. Anote e explique o que foi observado.

Você pode também aproximar o canudo atritado aos pelos do seu braço ou aos cabelos seus ou de seus colegas. Observe e explique o que ocorre.

A3.2. Modelo de Eletroscópio

Faça uma base com a massa de modelar, de modo que ela possa sustentar um canudo na vertical. Antes de pôr nela o canudo, amarre nele uma bolinha de papel alumínio com um pedaço de barbante.

Aproxime outro canudo de plástico da bolinha de alumínio pendurada, após ter atritado este canudo com papel toalha; anote e explique o que foi observado. Após isso, esfregue novamente o canudo com o papel e encoste-o na bolinha pendurada; repita esse

processo algumas vezes e na última vez, não encoste o canudo na bolinha, apenas aproxime-o. O que acontece dessa vez?

A3.3 Pêndulo Elétrico

Esfregue apenas a metade de um canudo de plástico com papel toalha e pendure-o pelo barbante num local onde o canudo fique livre para se movimentar.

Atrite outro canudo de plástico com folhas de papel toalha e aproxime-o da parte que também foi atritada no canudo pendurado. Aproxime da parte que não foi atritada. O que acontece? Anote e explique o que foi observado.

A3.4. Canudo na Parede

Atrite o canudo de plástico com folhas de papel toalha e coloque-o na parede ou no quadro branco. Anote e explique o que foi observado.

A4. Sobre o Funcionamento dos Experimentos Acima

Quando o canudo é atritado com um pedaço de papel toalha ou guardanapo, ocorre uma *eletrização por atrito* entre esses objetos. Isso acontece porque as estruturas atômicas dos dois objetos em questão ficam tão próximas, o que ocasiona transferência de elétrons (cargas negativas) de um para outro. Assim, um fica com excesso de elétrons em detrimento de outro que perdeu elétrons, tornando-se corpos carregados com cargas de sinal negativo e positivo, respectivamente.

Ao aproximar o canudo dos pequenos objetos, como as bolinhas de isopor ou pedaços de papel alumínio, que inicialmente estão neutros, ocorre neles indução de cargas e pelo princípio de atração-repulsão, ocorre atração entre eles. É possível observar também que alguns pedaços de papel alumínio, ao se encostarem no canudo, são rapidamente repelidos; isso ocorre porque havendo o contato, os pedaços de papel alumínio adquirem a mesma carga que o canudo e, então, é repelido (*eletrização por contato*).

Pelo mesmo princípio, percebe-se o funcionamento do eletroscópio proposto neste roteiro; num primeiro momento observa-se a atração do objeto neutro (bolinha de papel alumínio) pelo corpo carregado (canudo). Num segundo momento, após sucessivos contatos entre o canudo e a bolinha de papel alumínio, esta torna-se carregada por contato por aquele e, ao aproximar um canudo eletrizado da bolinha de papel alumínio, observa-se uma *repulsão elétrica*.

Também é possível observar a repulsão elétrica no chamado pêndulo eletrostático; quando se atrita o canudo de plástico com o papel, adquire uma carga elétrica de determinado sinal. Quando se aproxima outro canudo, eletrizado sob as mesmas condições, logo ambos têm o mesmo sinal de cargas e percebe-se a repulsão elétrica mútua entre ambos.

O último experimento proposto nesse roteiro foi o de grudar canudos de plástico nas paredes ou no quadro branco da sala. Isso se deve ao fato de que ao aproximar o canudo eletrizado de uma superfície eletricamente neutra, as cargas elétricas do canudo atraem as cargas de sinal oposto na superfície. Entretanto isso não explica o fato de o canudo não cair; deve-se levar em conta que o canudo tem massa e, portanto, age sobre ele uma força peso; já que ele permanece em repouso, uma força de atrito entre o canudo e a superfície equilibra a *força peso*. Deve-se lembrar também de que a força de atrito é diretamente proporcional à *força de reação normal à superfície*, e esta, já que o corpo está em repouso, é igual em módulo à força elétrica que prende o canudo à superfície.

Corroborando com essa explicação, percebe-se experimentalmente que é mais difícil grudar um canudo eletrizado numa parede macroscopicamente muito irregular ou numa superfície muito lisa, como um novíssimo quadro branco: no primeiro caso, a força elétrica entre o canudo e a superfície não será uniforme em todos os pontos do canudo e no segundo, se o atrito da superfície é muito pequeno, precisa-se de uma força de reação normal (neste caso igual ao módulo da força elétrica) de um valor muito mais intenso.

A5. Considerações Finais

A partir da execução dos experimentos aqui propostos, o professor tem a possibilidade não apenas de explicar a Física da Eletrostática, mas sim, de alguns fenômenos do dia a dia, como o raio, o efeito corona e pequenas descargas que ocorrem ao encostar-se a um carro após ter se movimentado ou mesmo ao retirarmos uma peça de roupa (estes dois últimos ocorrem mais em regiões de clima seco). Também algumas aplicações tecnológicas, a pintura eletrostática ou sobre o controle de umidade nas indústrias de tecelagem, por conta da eletrização por atrito entre os tecidos e as máquinas, algo que poderia causar acidentes.

Assim, através desse simples experimento é possível explicar de uma maneira prática alguns conteúdos da Física e também pode ser relacionado com aplicações cotidianas, fazendo um ensino mais contextualizado e significativo para o estudante de Ensino Médio.

APÊNDICE B:

ROTEIRO DO EXPERIMENTO: CONSTRUINDO UM ELETROSCÓPIO DE FOLHAS

B1. Objetivos

O presente experimento tem como objetivo construir um eletroscópio de folhas utilizando materiais de baixo custo e/ou alternativos. Através desse aparato experimental, pretende-se observar o fenômeno da eletrização por atrito, como corpos carregados interagem entre si e como funciona um eletroscópio.

B2. Material Utilizado

- Canudos de plástico;
- Folhas de papel toalha ou guardanapos;
- Papel alumínio;
- Frasco de vidro ou garrafa pet pequena;
- Fio de cobre esmaltado (30 cm aproximadamente)
- Massa de modelar ou durepox (opcional)

B3. Como Montar o Eletroscópio

Como os fios de cobre são esmaltados e esse esmalte é um isolante, é necessário que você lixe ambas as extremidades do fio de cobre (cerca de 3 cm cada extremidade) até retirar todo o esmalte.

Fixe o fio de cobre na tampa da garrafa (que não pode estar úmida por dentro) ou perfurando a rolha (ou massa de modelar ou até mesmo durepox, caso queira substituir a rolha); usando um alicate de ponta, dobre a extremidade inferior do fio de cobre formando um pequeno gancho pontiagudo. Recorte dois retângulos de papel alumínio com 4 cm de comprimento por menos de 0,5 cm de largura. Usando o ganchinho pontiagudo, perfure cuidadosamente as lâminas de papel alumínio (os dois retângulos ficarão pendurados livremente no gancho metálico). Evite engordurar o papel alumínio com sua mão.

Faça uma bolinha metálica amassando um pedaço de papel alumínio. Fixe a bolinha na extremidade externa do fio e deixe à mostra a extremidade com a bolinha de papel alumínio. Deixe a tampa ou a rolha bem fixa no frasco e está pronto seu eletroscópio.

B4. Sobre o Funcionamento do Eletroscópio

Para testar seu eletroscópio de folhas, basta eletrizar um canudo de plástico com papel toalha e aproximá-lo da parte superior do eletroscópio; espera-se observar um afastamento das folhas. Caso isso não ocorra, verifique se as folhas de papel alumínio são realmente finas nada as prende de fazer esse movimento.

Como já é sabido, quando o canudo é atritado com um pedaço de papel toalha ou guardanapo, ocorre uma *eletrização por atrito* entre esses objetos. Isso acontece porque as estruturas atômicas dos dois objetos em questão ficam tão próximas, o que ocasiona transferência de elétrons (cargas negativas) de um para outro. Assim, um fica com excesso de elétrons em detrimento de outro que perdeu elétrons, tornando-se corpos carregados com cargas de sinal negativo e positivo, respectivamente.

Ao aproximar o canudo do eletroscópio, cargas de sinal oposto às do canudo se concentrarão na parte externa e superior do eletroscópio, por uma indução de cargas, já que o cobre é bom condutor. Portanto, na outra extremidade do fio, ficarão concentradas cargas de mesmo sinal ao do canudo, as quais se distribuirão nas duas folhas de papel alumínio; pelo princípio de atração-repulsão, as folhas metálicas irão se repetir mutuamente, causando uma deflexão observada. Quanto mais intensamente estiver carregado o canudo e mais próximo for colocado da parte externa do eletroscópio, maior deflexão será observada.

B5. Considerações Finais

A partir da execução dos experimentos aqui propostos, o professor tem a possibilidade não apenas de explicar a Física da Eletrostática, mas sim, de alguns fenômenos do dia a dia, como o raio e pequenas descargas que ocorrem ao encostar-se a um carro após ter se movimentado ou mesmo ao retirarmos uma peça de roupa (estes dois últimos ocorrem mais em regiões de clima seco). Também algumas aplicações tecnológicas, a pintura eletrostática ou sobre o controle de umidade nas indústrias de tecelagem, por conta da eletrização por atrito entre os tecidos e as máquinas, algo que poderia causar acidentes.

Assim, através desse simples experimento é possível explicar de uma maneira prática alguns conteúdos da Física e também pode ser relacionado com aplicações cotidianas, fazendo um ensino mais contextualizado e significativo para o estudante de Ensino Médio.

APÊNDICE C:

ROTEIRO DO EXPERIMENTO: LÂMPADA SEM FIO

C1. Objetivos

O presente experimento tem como objetivo visualizar fenômenos eletrostáticos utilizando materiais de baixo custo e/ou alternativos. Através desse aparato experimental, pretende-se observar o fenômeno da eletrização por atrito e a partir dele, o acender de uma lâmpada fluorescente sem estar conectada na rede elétrica.

C2. Material Utilizado

- Lâmpada fluorescente em forma de tubo;
- Flanela seca ou um pedaço de plástico;
- Luvas isolantes;

C3. Como Acender a Lâmpada

Coloque as luvas em suas mãos; tanto para isolar eletricamente seu corpo da lâmpada, como para protege-lo de algum acidente, visto que o material que compõe o interior da lâmpada é tóxico (vapor de mercúrio).

Num ambiente completamente escurecido, esfregue a lâmpada com um pano seco ou um pedaço de lã ou de saco plástico e observe o que acontece. Quanto menos úmido estiver o ar ambiente, melhor será para visualização dos efeitos esperados.

C4. Sobre o Funcionamento do Experimento

Quando a lâmpada é atritada com um pedaço de pano ou de plástico, ocorre uma *eletrização por atrito* entre esses objetos. Isso acontece porque as estruturas atômicas dos dois objetos em questão ficam tão próximas, o que ocasiona transferência de elétrons (cargas negativas) de um para outro. Essas cargas se deslocam pelo interior do tubo, provocando ionizações nos gases internos (que podem ser vapor de mercúrio e argônio), os quais passam a emitir radiações UV e essas radiações, se encontrando com o fósforo, que reveste internamente o tubo da lâmpada, produz a luz branca. No caso da eletrização por atrito, algumas cargas se movem pelos gases e pelo princípio já explicado, há emissão de luz, porém a corrente ocorre em curto intervalo de tempo e sua intensidade é muito pequena.

C5. Considerações Finais

A partir da execução do experimento aqui proposto, o professor tem a possibilidade não apenas de explicar a Física da Eletrostática, mas sim, de alguns fenômenos do dia a dia, como o próprio funcionamento da lâmpada fluorescente e a iluminação causada pelo raio (relâmpago).

Assim, através desse simples experimento é possível explicar de uma maneira prática alguns conteúdos da Física e também pode ser relacionado com aplicações cotidianas, fazendo um ensino mais contextualizado e significativo para o estudante de Ensino Médio.

APÊNDICE D:

ROTEIRO DO EXPERIMENTO: CONSTRUINDO UM *VERSORIUM*

D1. Objetivos

O presente trabalho tem o objetivo mostrar como montar um *versorium* utilizando materiais de baixo custo e/ou alternativos. Através desse aparato experimental, pretende-se observar o fenômeno da eletrização por atrito e da blindagem eletrostática.

D2. Material Utilizado

- Uma lata de refrigerante;
- Uma tesoura;
- 2 garrafas pet transparentes com tampa;
- um prego pequeno;
- Canudos de plástico;
- folhas de papel toalha ou guardanapos;
- papel alumínio;
- fita adesiva.

D3. Como Montar o *Versorium*

O *versorium* é um instrumento que permite detectar a ação de forças elétricas. Criado pelo médico inglês William Gilbert (1544 – 1603), com o objetivo de estudar a Eletricidade, que era a propriedade de um âmbar atritado com lã, atrair pequenos pedaços de palha ou gravetos secos. A Figura 1 abaixo mostra o *versorium* de Gilbert.

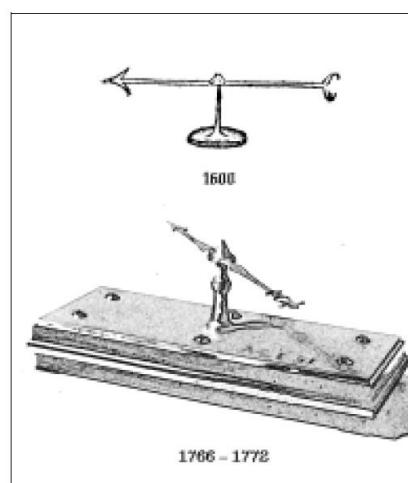


Figura 1: *Versorium* de Gilbert.

Segundo o próprio Gilbert, em seu livro *De Magnete*, publicado em 1600, o *versorium* consiste numa leve agulha rotativa de qualquer tipo de metal apoiada num estilete bicudo, similar à agulha magnética. Quando um âmbar, após ser friccionado, era aproximado do *versorium* este girava.

Para a construção de um *versorium*, este trabalho propõe utilizar materiais de baixo custo.

1º passo: construir a agulha

Pegue a latinha de refrigerante e corte as regiões do tampo e do fundo, obtendo um cilindro circular reto. A partir desse cilindro, obtenha uma tira retangular de alumínio, na mesma direção da altura do cilindro.

Para deixar a tira no formato de uma agulha, corte as extremidades da tira de alumínio, deixando-as pontiagudas. E para apoiar a agulha sobre algum objeto bicudo, faça uma pequena dobra na parte central da tirinha, bem como uma pequena punção pelo lado interno. Para isso, você pode bater de leve com a ponta de um pequeno prego. A Figura 2 abaixo mostra a agulha pronta para o *versorium*.



Figura 2: agulha feita com lata de refrigerante para o *versorium*.

2º passo: construir a base

Pegue a tampa da garrafa pet e nela fixe um pequeno prego com a ponta voltada para cima. Após isso, tome essa tampinha e cole na parte interna do fundo da lata, como mostra a Figura 3.



Figura 3: base do *versorium* feito com um prego fixado em tampinha de garrafa pet.

3º passo: montando e testando o *versorium*

Pegue a agulha construída a partir da tirinha de alumínio e ponha sobre a ponta do prego fixado na tampinha de garrafa. Está pronto o *versorium*, como mostra a Figura 4.



Figura 4: *versorium* construído com materiais de baixo custo

Antes de executar o experimento, obtenha dois cilindros circulares retos a partir das garrafas pet transparentes, de forma que o *versorium* possa ficar protegido por esses cilindros. Envolva a parte externa de um desses cilindros com papel alumínio e fixe com fita adesiva e reserve.

Ponha o *versorium* no interior do cilindro feito com garrafa pet. Atrite um canudo de plástico com papel toalha ou guardanapo e aproxime-o do *versorium*. Observe a ponta da agulha ser atraída pelo canudo atritado. A Figura 5 abaixo mostra o *versorium* no interior da garrafa pet transparente.



Figura 5: *versorium* no interior de garrafa pet transparente. Para outras demonstrações, envolver a garrafa com papel toalha e depois com papel alumínio.

Agora coloque o *versorium* no interior do cilindro de garrafa pet envolvido com papel alumínio. Novamente atrite um canudo de plástico com papel toalha ou guardanapo e aproxime-o do *versorium*; observe que não ocorre mais a atração pela agulha do *versorium*.

D4. Sobre O Funcionamento Do *Versorium*

Quando o canudo é atritado com um pedaço de papel toalha ou guardanapo, ocorre uma eletrização por atrito entre esses objetos. Isso acontece porque as estruturas atômicas dos dois objetos em questão ficam tão próximas, o que ocasiona transferência de elétrons (cargas negativas) de um para outro. Assim, um fica com excesso de elétrons em detrimento de outro que perdeu elétrons, tornando-se corpos carregados com cargas de sinal negativo e positivo, respectivamente.

A agulha construída a partir da latinha de refrigerante, apoiada numa base isolante, que é a tampinha da garrafa, por ser metálica, apresenta elétrons livres, os quais podem se mover mais facilmente na presença de um campo elétrico estabelecido nas proximidades da agulha. Portanto, a agulha vai funcionar como um detector eletrostático, similarmente a um eletroscópio de folhas: quando o canudo eletrizado for aproximado da agulha, haverá uma indução de cargas elétricas de sinal oposto nesta, de forma que haverá uma atração entre os corpos. Como a agulha do *versorium* é livre para girar sobre a ponta do prego, essa atração eletrostática é percebida pelo movimento da agulha.

O formato pontiagudo nas duas extremidades da agulha é necessário para que se intensifique o fenômeno conhecido como “poder das pontas”. Nas pontas, a área superficial é menor do que seria se a extremidade tivesse formato retangular e assim, a densidade superficial de cargas terá um valor ainda maior, o que intensifica mais a força elétrica entre o canudo e a agulha e, consequentemente, o movimento da agulha da *versorium*.

A garrafa pet transparente tem a função de proteger o *versorium* de alguma corrente de ar nas proximidades e de mostrar aos estudantes que um meio dielétrico entre os corpos carregados não impede os fenômenos eletrostáticos; por isso, é interessante que também se revista a garrafa com papel toalha.

Entretanto, quando o *versorium* é colocado no interior de uma garrafa pet revestida com papel alumínio, percebe-se que a agulha não se movimenta mais quando o canudo eletrizado é aproximado pelo meio externo. Isso pode ser explicado como o fenômeno da blindagem eletrostática: uma região do espaço, quando envolta por um condutor elétrico (neste caso, o papel alumínio), torna-se livre da ação de campos elétricos criados por cargas elétricas externas. Isso é uma consequência direta da Lei de Gauss para Eletricidade, que afirma que o campo elétrico no interior de um condutor em equilíbrio é sempre nulo.

D5. Considerações Finais

A partir da construção do *versorium* e das demonstrações feitas com ele, o professor tem a possibilidade não apenas de explicar a Física da Eletrostática, mas sim, de alguns fenômenos do dia a dia, como o raio, o efeito corona e pequenas descargas que ocorrem ao encostar-se a um carro após ter se movimentado ou mesmo ao retirarmos uma peça de roupa (estes dois últimos ocorrem mais em regiões de clima seco). Também algumas aplicações tecnológicas, como o para-raios, a pintura eletrostática ou sobre o controle de umidade nas indústrias de tecelagem, por conta da eletrização por atrito entre os tecidos e as máquinas, algo que poderia causar acidentes. Pode-se ainda comentar do episódio histórico da comprovação da blindagem eletrostática feita por Faraday no século XIX, conhecido como “Gaiola de Faraday”.

Assim, através desse simples experimento é possível explicar de uma maneira prática alguns conteúdos da Física e também pode ser relacionado com aplicações cotidianas, fazendo um ensino mais contextualizado e significativo para o estudante de Ensino Médio.

APÊNDICE E:

ROTEIRO DO EXPERIMENTO: BLINDAGEM ELETROSTÁTICA

E1. Objetivos

O presente experimento tem como objetivo visualizar o fenômeno da blindagem eletrostática utilizando materiais de baixo custo e/ou alternativos. O roteiro abaixo sugere duas situações: uma utilizando a indução em tiras de papel nas regiões interna e externa de superfícies condutoras e não condutoras e outra a blindagem para um aparelho de telefone celular utilizando papel alumínio.

E2. Material Utilizado

- Recipientes de plástico;
- Recipientes metálicos (por exemplo, latas ou panelas);
- Canudo de plástico;
- Papel toalha;
- Papel seda;
- Fita adesiva;
- Papel alumínio;
- Telefones celulares.

E3. Indução de cargas em tiras de papel

Recorte o papel seda em tiras finas (aproximadamente 3 mm de espessura e 2 cm de comprimento) e fixe-as na superfície externa do recipiente plástico. Arite o canudo com o papel toalha e aproxime-o das tiras de papel. Repita os mesmos procedimentos acima, colocando as tiras de papel na superfície interior do recipiente, aproximando o canudo eletrizado pela superfície externa. Observe o que acontece e tome nota.

Agora, faça os mesmos procedimentos para um recipiente metálico, que pode ser uma lata de doces ou mesmo uma panela. Fixe tiras de papel seda nas superfícies interna e externa e aproxime o canudo eletrizado pelo lado externo e observe o que acontece.

Explique, baseado em seus conhecimentos em Eletrostática, o porquê desse fenômeno. Anexe fotos de sua experiência ao seu relato.

E4. Blindando o telefone celular

Embrulhe seu aparelho de telefone celular ligado com papel alumínio; a seguir, faça uma chamada telefônica, a partir de outro aparelho, para seu celular. Observe se é possível completar a ligação. Explique o que aconteceu.

E5. Sobre o Funcionamento dos Experimentos

Quando o canudo é atritado com um papel toalha, ocorre uma *eletrização por atrito* entre esses objetos, deixando o canudo eletrizado. Essas cargas induzem cargas de sinal oposto, pelo Princípio de Atração-Repulsão, nas tiras de papel seda, o que causa um movimento de aproximação entre elas e o canudo, quando as tiras estão localizadas nas partes externas, tanto com o recipiente plástico ou metálico.

Entretanto, quando as tiras estão localizadas no interior do recipiente metálico, elas não sofrerão interação eletrostática com o canudo eletrizado, aproximado do recipiente pelo lado externo. Isso pode ser explicado como o fenômeno da blindagem eletrostática: o interior de um condutor elétrico, torna-se livre da ação de campos elétricos criados por cargas elétricas externas. Isso é uma consequência direta da Lei de Gauss para Eletricidade, que afirma que o campo elétrico no interior de um condutor em equilíbrio é sempre nulo.

A mesma explicação se aplica ao telefone celular embrulhado no papel alumínio. O sinal da rede telefônica nada mais é do que uma onda de rádio, ou seja, uma onda eletromagnética, constituída da combinação de dois campos oscilantes, um elétrico e outro, magnético. Como no interior do corpo metálico em questão ocorre a blindagem, o campo elétrico é nulo e, portanto, a onda não se propaga e não há sinal no celular.

E6. Considerações Finais

Com a proposta do presente experimento, o professor tem a possibilidade não apenas de explicar a Física da Blindagem Eletrostática e da Lei de Gauss para Eletricidade, mas sim, de alguns fenômenos do dia a dia, que podem ser explicados a partir destes conteúdos: blindagens feitas em componentes de circuitos elétricos, em cabos coaxiais, dentre outros; a proteção para ocupantes de veículos e aeronaves mediante a descargas elétricas ou mesmo a blindagem oferecida por um sistema de para-raios a uma casa ou edifício. Pode-se ainda comentar do episódio histórico da comprovação da blindagem eletrostática feita por Faraday no século XIX, conhecido como “Gaiola de Faraday”.

APÊNDICE F:

ROTEIRO DO EXPERIMENTO: DEMONSTRAÇÕES ELETROSTÁTICAS COM O GERADOR DE VAN DE GRAAFF

F1. Objetivos

O presente experimento tem como objetivo conhecer o Gerador de Van de Graaf e a partir de seu funcionamento, visualizar os fenômenos da indução eletrostática, descargas elétricas e formação das linhas de campo elétrico utilizando materiais de baixo custo e/ou alternativos.

F2. Material Utilizado

- Pedaços de algodão;
- Copo de plástico;
- Bolinhas de isopor ou de confetes;
- Fita adesiva;
- Papel alumínio;
- Chave teste
- Lâmpada fluorescente.

F3. Conhecendo o Gerador de Van de Graaff

Com o gerador desligado da tomada e bastante cuidado, desmonte as partes que compõe o gerador eletrostático para visualização dos componentes envolvidos em seu processo de funcionamento, para melhor entendimento de como acontecem os sucessivos processos de eletrização, até a calota metálica ficar carregada.

F4. Chafariz de bolinha de isopor

Coloque um copo plástico (ou recipiente de plástico pequeno) contendo bolinhas de isopor ou confetes em seu interior sobre a calota metálica do gerador; depois funcione e explique o que foi observado

F5. Elevando tiras de papel alumínio

Fixe tiras finas de papel alumínio sobre a calota metálica do gerador ainda desligado. Em seguida, ligue o gerador e observe e explique o que acontece.

F6. Experiências com algodão

Tome uma porção de algodão bastante desfiado na mão e, com o gerador em funcionamento, aproxime-a dele. Observe o formato que as linhas de algodão tomam quando estão próximas do gerador.

Solte os fiapos de algodão em direção ao gerador e observe o que acontece com eles ao tocar a calota metálica.

F7. Arrepiando cabelos

Coloque uma pessoa de cabelos longos e secos, sobre uma base isolante e mantendo as mãos fixadas sobre a calota metálica do gerador ainda desligado; ponha-o em funcionamento, alertando à pessoa que não deve retirar as mãos antes de o gerador ser desligado e descarregado com o globo eletrostático. Observe e explique o que acontece.