

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

OLINTO DANTAS PINHEIRO FILHO

**DESPRETENSIOSA PROPOSTA DE UM LABORATÓRIO PORTÁTIL
UTILIZANDO MATERIAIS DE BAIXO CUSTO PARA O ENSINO DE
ELETROSTÁTICA NOS NÍVEIS FUNDAMENTAL E MÉDIO**

CAJAZEIRAS-PB

16 de agosto de 2022

OLINTO DANTAS PINHEIRO FILHO

**DESPRETENSIOSA PROPOSTA DE UM LABORATÓRIO PORTÁTIL
UTILIZANDO MATERIAIS DE BAIXO CUSTO PARA O ENSINO DE
ELETROSTÁTICA NOS NÍVEIS FUNDAMENTAL E MÉDIO**

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

Orientador: Prof. Dr. João Maria Silva

CAJAZEIRAS-PB

16 de Agosto de 2022

P654d Pinheiro Filho, Olinto Dantas.

Despretensiosa proposta de um laboratório portátil utilizando materiais de baixo custo para o ensino de eletrostática nos níveis fundamental e médio / Olinto Dantas Pinheiro Filho. - Cajazeiras, 2022.

55f.: il.

Bibliografia.

Orientador: Prof. Dr. João Maria Silva.

Monografia (Licenciatura em Física) UFCG/CFP, 2022.

1. Física - ensino. 2. Trabalho experimental. 3. Eletrostática. 4. Laboratório didático portátil. 5. Eletromagnetismo. I. Silva, João Maria. II. Universidade Federal de Campina Grande. III. Centro de Formação de Professores. IV. Título.

UFCG/CFP/BS

CDU - 53:37

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

OLINTO DANTAS PINHERO FILHO

**DESPRETENSIOSA PROPOSTA DE UM LABORATÓRIO PORTÁTIL
UTILIZANDO MATERIAIS DE BAIXO CUSTO PARA O ENSINO DE
ELETROSTÁTICA NOS NÍVEIS FUNDAMENTAL E MÉDIO**

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

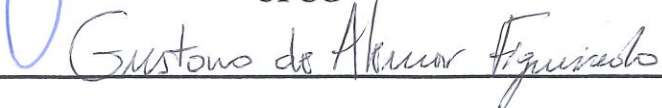
Aprovado em 16 de agosto de 2022

BANCA EXAMINADORA



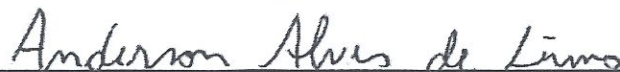
Prof. Dr. João Maria Silva - Orientador

UFCG



Prof. Dr. Gustavo Alencar Figueiredo

UFCG



Prof. Dr. Anderson Alves de Lima

UFCG

É com muito amor e carinho que dedico esta obra aos meus pais Antônia e Olinto, a meu irmão Olivan, a meu padrinho José Pedro e a meus amigos Mauro e Tatiana, que sempre me deram forças quando precisei.

AGRADECIMENTOS

A nosso Senhor Jesus Cristo e a Santíssima Virgem Maria, por sempre me mostrarem o seu amor e por verdadeiramente terem aperfeiçoado o seu poder nas minhas fraquezas e limitações.

Aos meus pais, pelo amor incondicional, carinho e por sempre me ajudarem no que necessitei.

Ao meu irmão Olivian Abrantes, pela parceria e amizade que foram fundamentais durante esta caminhada.

À minha amiga Tatiana, pela amizade, companheirismo, bons conselhos e pelos momentos de alegrias que foram imprescindíveis nas horas difíceis por que passei.

Aos meus amigos Mauro Parnaíba e George Dias, pela amizade verdadeira e companheirismo nos momentos que precisei.

Aos professores do curso de Licenciatura em Física, por suportarem os meus erros e atos de irresponsabilidade que cometi durante o curso.

A fé e a razão são as duas asas com as quais o espírito humano alça voo para contemplar a
verdade.

João Paulo II, *Fides et ratio*, 1

RESUMO

Neste trabalho apresentamos uma rediscussão dos experimentos históricos do eletromagnetismo baseado na construção de um laboratório didático portátil utilizando materiais de baixo custo, o qual tem a finalidade de auxiliar o professor durante o ensino de eletrostática nos níveis fundamental e médio. Para tanto, a proposta seguirá uma perspectiva histórica e será endereçada especialmente às discussões envolvendo os experimentos no ramo da eletrostática. Adicionalmente, acrescentamos que os experimentos propostos nesse trabalho são significativamente úteis para o processo de ensino-aprendizagem particularmente durante o primeiro contato dos estudantes com esse ramo do conhecimento em física. Nossa proposta está organizada da seguinte forma: Inicialmente, apresentaremos uma breve discussão em relação à atual situação educacional no Brasil em nível de ensino médio, mais especificamente com relação ao Ensino da Física. Em seguida, discutiremos o Ensino da Física no contexto escolar para compreender alguns aspectos relevantes sobre a importância do trabalho experimental. Por fim, no último tópico apresentaremos uma descrição detalhada de como elaborar vários experimentos capazes de auxiliar o ensino de eletricidade, os quais podem ser construídos com materiais relativamente fáceis de serem encontrados ou, equivalentemente, materiais de baixo custo.

Palavras chave: Ensino de Física, trabalho experimental, eletrostática.

ABSTRACT

In this work we present a re-discussion of the historical experiments of electromagnetism based on the construction of a portable didactic laboratory using low cost materials, which has the purpose of helping the teacher during the teaching of electrostatics in elementary and high school levels. Therefore, the proposal will follow a historical perspective and will be addressed especially to discussions involving experiments in the field of electrostatics. Additionally, we add that the experiments proposed in this work are significantly useful for the teaching-learning process, particularly during the students' first contact with this branch of knowledge in physics. Our proposal is organized as follows: Initially, we will present a brief discussion in relation to the current educational situation in Brazil at the high school level, more specifically in relation to Physics Teaching. Then, we will discuss the Teaching of Physics in the school context to understand some relevant aspects about the importance of experimental work. Finally, in the last topic we will present a detailed description of how to design several experiments capable of helping the teaching of electricity, which can be built with relatively easy-to-find materials or, equivalently, low-cost materials.

Key words: Physics teaching, experimental work, electrostatics.

SUMÁRIO

1.	INTRODUÇÃO.....	10
2.	CAPÍTULO I. BREVE DISCUSSÃO DA SITUAÇÃO EDUCACIONAL NO BRASIL....	13
2.1.	O ENSINO DA FÍSICA NO CONTEXTO ESCOLAR.....	14
3.	CAPÍTULO II. A IDEIA DO LABORATÓRIO PORTÁTIL.....	17
4.	CAPÍTULO III. DESCRIÇÃO DETALHADA DA CONSTRUÇÃO DOS EXPERIMENTOS QUE CONSTITUEM O LABORATÓRIO PORTÁTIL.....	19
5.	CAPÍTULO IV. CONSTRUÇÃO DE UMA RÉPLICA DE UM EXPERIMENTO QUE FOI FEITO NO PASSADO.....	41
6.	CONCLUSÕES.....	51
7.	CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	53
8.	REFERÊNCIAS.....	54

INTRODUÇÃO

É amplamente conhecido que o auxílio de atividades práticas no processo de ensino aprendizagem dos conteúdos relacionados aos diversos ramos da física exerce um papel fundamental na educação básica, pois é por meio de tais atividades que permitem ao estudante observar certos aspectos da realidade que geralmente não aparecem explicitamente numa abordagem puramente teórica. Adicionalmente, a importância do auxílio dessas atividades no trabalho dos professores é destacada por alguns autores quando argumentam que tais atividades permitem “Compreender a Física presente no mundo vivencial e nos equipamentos e procedimentos tecnológicos. Descobrir o “como funciona” de aparelhos.” Filho, Pereira, Maia (s.d, p. 29

Consideramos que a importância desse trabalho se traduz no sentido de que grandes trabalhos realizados por personagens importantes para a física têm como característica marcante a produção de experimentos que levaram a grandes descobertas, por exemplo, os trabalhos de Stephen Gray sobre condutores e isolantes como menciona Boss ao afirmar que:

Gray realizou vários experimentos interessantes em eletricidade, demonstrando fenômenos importantes, como a condução da eletricidade e a eletrização por indução; ele também chegou à conclusão de que existem materiais condutores e materiais não condutores de eletricidade. BOSS (2012, p. 25)

Outros trabalhos de cunho experimental também apresentaram grande relevância para o uso da eletricidade e conseqüentemente para o desenvolvimento da tecnologia que usamos hoje. Nesse sentido, os trabalhos de Nicola Tesla foram essenciais para a construção de grandes usinas que produzem a corrente alternada que usamos para os mais diversos fins possíveis, como relata Souza ao afirmar que:

Durante suas pesquisas com campos magnéticos rotativos, Tesla desenvolveu um sistema comercialmente aplicável para geração, uso, transporte e alimentação por Corrente Alternada, e através de uma parceria com George Westinghouse, começou a ser comercializado. Souza (2016, p.37)

Procurar promover atividades experimentais nas escolas seja em aula ou em eventos permite entender que grandes descobertas nas áreas de física experimental exigiram grandes esforços e anos de sacrifício. Neste ponto, esclarecemos que ao longo do presente trabalho, o leitor terá oportunidade de observar, passo a passo, como proceder para construir experimentos com materiais de baixo custo visando sua utilização no processo de ensino-aprendizagem durante as aulas de eletrostática. Seguindo uma perspectiva histórica, proporemos algumas réplicas de experimentos clássicos de eletrostática, como é o caso da balança de torção desenvolvida por Charles Augustin Coulomb (1733-1806) e que foi

determinante para comprovar a lei do inverso do quadrado, amplamente conhecida como lei de Coulomb, originalmente proposta pela primeira vez por Joseph Priestley (1733-1804), cuja natureza foi de grande importância no estudo das interações elétricas.

No século XVIII Priestley publicou seu livro “The History and Present State of Electricity”, e foi nesse trabalho que ele fez a suposição de que a força elétrica entre duas partículas carregadas deve variar com o inverso do quadrado. Uma melhor descrição de como ele fez essa suposição é encontrada em Bassalo ao afirmar que: “Essa suposição decorreu do fato dele haver observado que pedacinhos de cortiça colocados no interior de um recipiente metálico não sofriam nenhuma influência elétrica.” BASSALO, (1996, p.)

Essa e outras contribuições permitiram se chegar ao que conhecemos hoje como Lei de Coulomb. A lei aqui mencionada foi formulada e publicada pela primeira vez em 1783, sendo essencial para descrever a natureza dos fenômenos elétricos, a qual pode ser enunciada da seguinte forma: “Duas cargas pontuais, Q_1 e Q_2 , separadas por uma distância r , situadas no vácuo, se atraem ou se repelem com uma força F ”. ALVARENGA (2008, p. 29)

Analicamente, a lei de Coulomb por ser escrita da seguinte forma:

$$\mathbf{F} = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{Qq}{r^2} \mathbf{r}$$

onde \mathbf{F} é o vetor força elétrica, $\epsilon_0 (= 8,85 \times 10^{-12} \text{ C}^2 / \text{Nm}^2)$ é a constante de permissividade elétrica do vácuo, Q e q são as cargas elétricas envolvidas, r é a distância que as separa e \mathbf{r} é o vetor unitário apontando ao longo da distância entre as referidas cargas.

Quando falamos do material de baixo custo não estamos falando necessariamente de materiais que podem ser encontrados a custo zero. Alguns materiais usados na elaboração dos experimentos que estão descritos neste trabalho não possuem custo zero, mas ainda assim possuem um valor muito baixo associado a eles. Essa observação se faz necessária tendo em vista que muitas pessoas possuem uma visão equivocada em relação a esse tipo de material e a eles geralmente sempre associam a tudo aquilo que pode ser considerado como lixo.

Em linhas gerais, podemos dizer que o objetivo desse trabalho é o de apresentar a experimentação como instrumento para dar significado ao ensino da Física (eletrostática), demonstrando o modo como o professor e até mesmo os estudantes podem proceder nesse intuito, elaborando, para isso, um mini laboratório portátil com o auxílio de materiais facilmente acessíveis e como esse material poderá auxiliar o professor no ensino de conteúdos relacionados ao estudo da eletrostática. Outro aspecto importante que está presente neste trabalho é apresentar uma rediscussão dos experimentos históricos da eletrostática com base na construção de experimentos de baixo custo, o que podemos muito bem considerar, do ponto de vista didático, algo extremamente positivo quando o foco é a apresentação dos

conceitos aos estudantes num contato inicial no estudo da eletrostática. Como perspectiva futura pretende-se aplicar uma pesquisa junto a professores e estudantes da rede pública com o objetivo de quantificar o aprendizado.

Neste trabalho apresentamos vários argumentos interessantes para justificar as razões pelas quais o professor deve desenvolver atividades de cunho experimental na sala de aula e quais são os benefícios que a construção de um mini laboratório poderá trazer relação ao desenvolvimento de suas atividades.

Dessa forma, presente trabalho está organizado com a seguinte estrutura:

- O capítulo I será destinado a uma análise do atual panorama educacional no Brasil. Nele, podemos ver algumas informações sobre aspectos relacionados ao Ensino de Física no Brasil bem como informações sobre a importância de se considerar o trabalho experimental na abordagem de conteúdos relacionados à física, especialmente eletrostática.
- No capítulo II discutiremos alguns acontecimentos que tiveram importância na consolidação desse trabalho. Nesta parte descreverei sobre a importância da participação no projeto PIBID (programa institucional de bolsa de iniciação a docência) em relação às ideias iniciais para a construção dos materiais que estão descritos neste trabalho.
- No capítulo III apresentaremos uma descrição detalhada de como o professor deve proceder para a construção de um laboratório didático com materiais de baixo custo voltado para o ensino da eletrostática nos níveis fundamental e médio.
- O capítulo IV é destinado à descrição de como podemos proceder na construção de uma réplica da balança de torção (desenvolvida por Charles Augustin de Coulomb no século XIX) para o estudo das interações elétricas.
- Por fim, no capítulo V apresentarei as nossas conclusões e perspectivas para desenvolvimentos futuros.

CAPÍTULO I: BREVE DISCUSSÃO DA SITUAÇÃO EDUCACIONAL NO BRASIL.

De acordo com o relatório que apresenta o resultado do Pisa (Programa Internacional de Avaliação de Alunos) divulgado pelo Ministério da Educação o Brasil apresenta baixo desempenho em Leitura, Matemática e Ciências, se comparado com outros 78 países que participaram da avaliação. O desempenho em ciências divulgado pelo MEC pode ser melhor resumido quando se afirma que:

Em 2018, nenhum aluno conseguiu chegar ao topo da proficiência científica. 55% não atingiram o nível básico de proficiência em ciências. Outro dado apontado pelo estudo é que o Brasil (404) está três anos atrás da OCDE (489) em termos de escolarização. (MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO, 2019)

Assim, talvez seja plausível questionar sobre se o paradigma educacional está ou não contribuindo para uma aprendizagem efetiva por parte dos estudantes.

Nesse sentido, muito se tem falado em inovação pedagógica e muito se tem publicado sobre tais inovações. Entretanto, a inovação, no Brasil, muitas vezes toma um viés ideológico, no sentido negativo da palavra, de modo que:

no que diz respeito à adoção de inovações, esta se processa de duas formas: ou há uma tentativa de estudar mais ou menos seriamente a proposta inovadora para então adaptá-la e colocá-la em uso, ou prevalece uma atitude ingênua de inovar por inovar (modismo ou “folclore pedagógico”).(WANDERLEY in GARCIA, 1995)

Em se tratando de Brasil, é perfeitamente possível arriscar e dizer que a segunda opção, na citação acima, prevalece na maioria das vezes. Essa citação permanece muito atual. Dessa forma, não há necessidade em se fazer uma escolha ideológico - política no sentido de direcionar a prática pedagógica, pois muitas vezes corre-se o risco de aderir aos modismos.

É preciso estabelecer, enquanto professor, a intenção pedagógica em sala de aula. Entretanto, muitas vezes essa não é a prioridade. Muitas vezes a prioridade é aderir a uma espécie de cinismo, no intuito de manter as aparências. Muitos professores têm práticas que se aproximam mais da abordagem tradicional do que das abordagens construtivistas, e, no entanto, tentam mostrar que são “construtivistas”.

Bernard Charlot (2013) aponta essa questão pertinente à educação brasileira, em que muitas professoras, apesar de desenvolverem uma prática tradicional em sala de aula se autodeclaram construtivistas. Ele afirma que isso acontece devido ao fato de o professor que se diz construtivista ser mais valorizado, ao passo que o tradicional, não.

Charlot (2013) vai além ao que concerne a adoção de um modelo pedagógico de ensino ao afirmar que a aceção dada ao método tradicional de ensino está equivocada. Ele

afirma que, ao contrário do que se prega, o modelo tradicional de ensino requer bastante atividade do aluno.

Por outro lado, nas palavras de Charlot (2013, p. 112):

Ser construtivista não significa, como se pensa muitas vezes, ou, melhor, como se fala sem pensar, ser moderno, dinâmico, inovador. Como se toda e qualquer inovação fosse boa... Ser construtivista é opor ao modelo tradicional da aula seguida por exercícios de aplicação, um modelo em que a atividade vem primeiro: ao tentar resolver problemas a mente do aluno mobiliza-se e constrói respostas que são vias de acesso ao saber.

O ensino da Física no contexto escolar

A Física, enquanto disciplina escolar, não está fora desse contexto de incompreensão, de modo que muitas vezes o trabalho pedagógico nessa disciplina não é levado a sério, sob a luz da compreensão de Charlot sobre o que seja ensino tradicional e ensino construtivista.

Nessa perspectiva, não podemos admitir que o ensino da Física, apesar de ser concebido sob um ponto de vista “tradicional”, seja feito de maneira desinteressante. Com isso, ainda que haja uma postura educacional voltada para o ensino tradicional é possível sim conceber um ensino da Física efetivo no sentido de dar significação ao estudo dessa disciplina.

Esse pensamento é corroborado pelas ideias de Robilotta (1988, p. 8) ao afirmar que

O ensino, tanto da Física como de outras áreas do conhecimento, acontece no cenário cinzento da passividade, da falta de interesse e da apatia. Os estudantes parecem estudar apenas para passar de ano, enquanto que os professores parecem ensinar apenas para conseguir os seus em geral, magros salários. É claro que este quadro não corresponde às expectativas internas tanto de professores como de alunos.

No ensino da Física há uma peculiaridade notória no sentido da necessidade de considerar o trabalho/estudo experimental na abordagem dos conteúdos. Isso se apresenta como uma enorme vantagem para o professor da Física, quando esta busca promover uma aprendizagem mais profunda nos estudantes.

Como bem coloca Lopes (2004, p. 16):

O trabalho experimental faz parte da própria essência da construção do conhecimento científico. Se admitirmos que o trabalho experimental é uma confrontação organizada do pensamento com o real, então precisamos de ter boas questões para o real (problemas que podem ser operacionalizados através de hipóteses) e este, por sua vez, coloca-nos sempre novos problemas (que podem ser operacionalizados por hipóteses) que devemos reconhecer com humildade.

Mas para que o trabalho experimental em sala de aula seja eficiente o professor deve procurar desenvolver habilidades que dêem suporte ao desenvolvimento dessas atividades.

Como professor de física interessado no desenvolvimento de atividades experimentais, o educador deve procurar desenvolver habilidades em diversas áreas, como exemplo: eletrônica, pintura, marcenaria, informática, metalúrgica, astronomia, manuseio de ferramentas e etc.

Essas habilidades farão com que o professor de física possa desenvolver atividades mesmo em situações em que a sua escola não dispunha de muitos recursos. O desenvolvimento dessas habilidades possibilitará ao professor a formulação de diversos materiais que poderão ser usados não somente na sala de aula, mas também em feiras de ciências, gincanas e etc. Será possível também o desenvolvimento de réplicas de experimentos antigos usando materiais de baixo custo. Mais adiante mostraremos como foi possível construir uma réplica da balança de torção de Coulomb que ele usou para estudar as interações entre cargas elétricas, usando materiais que podem ser encontrados com relativa facilidade.

A importância desse processo de criar réplicas de experimentos que foram usados no passado é destacada por Jardim e Guerra (2017, p. 249) ao argumentar que:

o processo de replicação permite extrapolar os escritos dos cientistas como fonte de estudo. Isto porque com a reprodução do experimento é possível investigar as técnicas empregadas na fabricação dos mesmos, as dificuldades oriundas do desenvolvimento do experimento e outras questões próprias da construção do experimento que não necessariamente seriam percebidas a partir do conhecimento dos escritos dos cientistas.

Nesse processo de replicação da balança de torção tentamos dar importância não somente a parte estrutural do experimento, mas também demos importância a um aspecto que é pouco considerado nos dias atuais por professores e alunos quando estes buscam produzir um experimento, estamos falando do aspecto relacionado à beleza do experimento. Quando estamos produzindo um experimento devemos ter em mente que estamos produzindo algo que se assemelha a uma obra de arte, obra esta, que será vista por diversas pessoas de diferentes épocas. Esse mesmo pensamento era compartilhado por aqueles que construíram as catedrais medievais, que são a nosso ver as obras mais belas produzidas pela humanidade. Os construtores das catedrais tinham em mente que aquelas construções seriam vistas por milhares de pessoas de diferentes épocas e que por isso deveriam dedicar os seus esforços a produzir algo que é belo e imponente ao mesmo tempo. O mesmo pode ser dito sobre as obras de Leonardo da Vinci e Michelangelo.

Esse argumento em favor da beleza no fazer um experimento é colocado aqui, pois na nossa experiência em sala de aula e em eventos que ocorreram na nossa cidade percebemos que não existe muita preocupação com relação ao que está sendo mostrado para o outro, de

modo que o que está sendo feito na maioria das vezes é apenas para cumprir obrigações escolares, e com isso as pessoas se acostumam a produzir coisas que não duram, servem apenas para um momento específico, que na maioria dos casos o objetivo é apenas para ganhar notas por partes de muitos alunos e para mostrar que está sendo feito algo por parte dos professores.

Portanto, com a nossa proposta de construção de um laboratório portátil e de uma réplica de um experimento que foi construído no passado, estaremos tentando mostrar ao professor e aos estudantes que eles podem elaborar algo que é durável, de fácil manuseio, transporte e que tenha um significado maior para quem produziu esse material.

CAPÍTULO II: A IDEIA DO LABORATÓRIO PORTÁTIL

A inspiração para a elaboração desse laboratório portátil surgiu quando tivemos a oportunidade de ter contato com o laboratório de física (atualmente conhecido como ambiente de física) da Universidade Federal de Campina Grande Campus de Cajazeiras. Essa oportunidade foi dada pelo professor Gustavo de Alencar Figueiredo que na época exercia também a função de coordenador de um projeto institucional do qual fazíamos parte.

Ao entrar naquele ambiente ficamos maravilhados com a quantidade de instrumentos e experimentos científicos que lá existia. Inicialmente, realizamos a limpeza dos materiais e começamos a estudar os manuais que lá existem a fim de montar os experimentos que são armazenados em maletas de madeira. À medida que o tempo passava começamos a utilizar o ambiente de física para elaborar nossos próprios instrumentos científicos para serem usados em aulas e apresentações realizadas em eventos nas escolas da cidade.

Nesta mesma época, estávamos participando do Programa Institucional de Bolsa de Iniciação à Docência (PIBID) que permite a parceria entre a universidade e as escolas públicas de Cajazeiras/PB. Nesse projeto, tínhamos contado com a sala de aula das escolas públicas e esse contato permitia o uso desses instrumentos quando éramos responsáveis por ministrar aula de um determinado conteúdo. Com a permissão do professor Gustavo, procurávamos promover atividades experimentais nas escolas com o intuito de tornar nossas aulas mais ricas em informações e também porque sabíamos da necessidade que os estudantes da rede pública tinham de ver um material tão impressionante e rico que permitia prender a atenção e auxiliar no processo de ensino aprendizagem deles durante as aulas.

Assim sendo, o contato com o material existente na universidade nos instigou a produzir algo semelhante e que permita gerar nos estudantes uma “sede” pelo conhecimento

científico. Na figura abaixo, temos uma apresentação que foi feita num evento de física realizada na Universidade Federal de Campina Grande.

Figura 1- Apresentação no ambiente de física da UFCG



Fonte: Arquivo pessoal do autor 2019

Nesta apresentação temos um estudante de licenciatura em física demonstrando fenômenos relacionados ao estudo da eletrostática para estudantes da rede pública da cidade de Cajazeiras - PB. Essa apresentação foi realizada no ambiente descrito anteriormente. Os instrumentos utilizados na apresentação são semelhantes aos que constituem o laboratório portátil descrito neste trabalho e também foram produzidos com materiais de baixo custo. Durante as apresentações foi possível observar que a utilização de atividade experimental durante a aula possibilita uma maior participação dos estudantes tendo em vista que os mesmos se sentem mais instigados e mais motivados a aprenderem os conteúdos de ciências, especialmente no que se refere aos conteúdos de eletrostática. É importante esclarecer também que esse mesmo material também foi utilizado para fazer diversas apresentações tanto em feiras de ciências quanto em aulas de estágio realizadas em algumas escolas públicas da cidade.

Inicialmente, para a elaboração do nosso laboratório portátil (LP) devemos ter em mente uma ideia da quantidade de experimentos que iremos produzir tendo em vista as aulas que serão destinadas ao ensino da eletrostática na educação básica. Essa quantidade de experimentos não deve ser limitada pela nossa proposta, pois o professor deve ter autonomia para elaborar seu próprio LP com os materiais que estão a sua disposição. O que faremos aqui é dar uma sugestão de como o professor deve proceder para elaborar e organizar de forma mais eficiente os experimentos que forem construídos com materiais de baixo custo que estão ao nosso alcance. Para a proposta do presente trabalho, apresentamos abaixo os experimentos elencados, com base numa pesquisa realizada nos principais livros didáticos destinados ao Ensino de Física adotados no Brasil. Abaixo temos a lista dos livros didáticos que foram consultados.

Tabela 1- Principais livros da Física adotados no Brasil

Física	Editora Ática
--------	---------------

Compreendendo a Física	Editora Ática
Física: Contexto & Aplicações	Editora Scipione
Ser protagonista - Física	SM
Física para o Ensino Médio	Saraiva Educação
Física	Saraiva Educação
Física em contextos	Editora do Brasil
Física- Ciência e tecnologia	Moderna
Conexões com a física	Moderna

Fonte: Arquivo pessoal do autor, 2021.

Na tabela seguinte estão elencados os principais experimentos que julgamos serem os mais adequados a serem utilizados na Educação Básica, a saber:

Tabela 2- Experimentos

Eletróforo de Volta
Garrafa de Leyden
Eletroscópio de folhas de alumínio
O versório de Gilbert
Pêndulos eletrostáticos
Experimento para demonstrar o “poder das pontas”
A campainha de Franklin
Réplica da Balança de torção de Coulomb

Fonte: Arquivo pessoal do autor, 2021.

A seguir, apresentaremos de forma detalhada, como tais dispositivos podem ser construídos com materiais que podem ser encontrados com relativa facilidade. Devemos lembrar que o professor não deve ser fiel quanto aos materiais que estão sendo usados na elaboração desses materiais visto que cada pessoa está inserida em um ambiente diferente e que possui suas próprias particularidades.

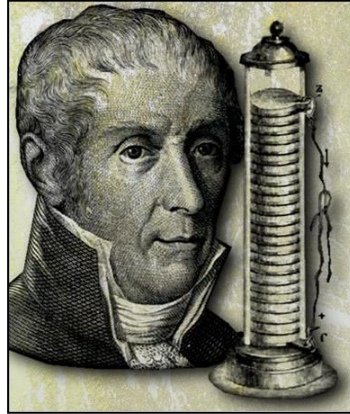
CAPÍTULO III: DESCRIÇÃO DETALHADA DA CONSTRUÇÃO DOS EXPERIMENTOS QUE CONSTITUEM O LABORATÓRIO PORTÁTIL.

O Eletróforo

Iniciaremos o presente capítulo demonstrando como podemos produzir um eletróforo de volta. Um eletróforo, como o próprio nome sugere, é um dispositivo que pode armazenar

cargas elétricas e recebeu esse nome em homenagem ao inventor da pilha elétrica, Alexandro Volta, que deu várias contribuições para o campo da eletricidade.

Figura 2- Busto de Alexandro Volta ao lado da pilha elétrica



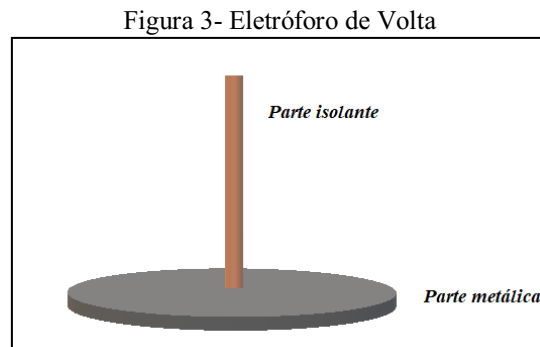
Fonte: <https://brasilecola.uol.com.br/quimica/alessandro-volta.htm>, 2021.

A princípio, existem muitas formas de se fabricar um eletróforo, mas para que o mesmo consiga armazenar certa quantidade de carga elétrica com eficiência é necessário fazer algumas observações. A primeira delas é a de que o ambiente onde será demonstrado o funcionamento do eletróforo deve possuir baixa umidade, pois de outro modo, as gotículas de água presentes no ar próximo ao eletróforo permitem que ele seja descarregado rapidamente. Nesse sentido, as gotículas de água desempenham o papel de um fio condutor e transferem a carga elétrica para a Terra. Portanto, o ambiente ideal para realizar a demonstração do eletróforo de volta é aquele que possui um ar-condicionado, pois este equipamento retira a umidade do ar deixando-o mais seco.

Em segundo lugar, temos a situação que talvez seja a menos provável de acontecer, mas que merece ser destacada caso venha a ocorrer durante alguma demonstração. Essa situação está relacionada ao fato de que o eletróforo pode ser descarregado caso haja próximo a ele uma chama, que pode ser proveniente de uma vela ou qualquer objeto que possa aquecer o ar em torno do equipamento. Quando aproximamos uma chama de um objeto eletrizado, o mesmo se descarrega com muita facilidade, pois o calor proveniente da chama provoca a ruptura dielétrica do ar em volta do eletróforo carregado, possibilitando que a carga presente nele seja transferida para o solo.

Outra observação que podemos elencar está relacionada às dimensões e aos materiais que serão utilizados na construção desse dispositivo. Antes de prosseguir com a descrição, é interessante se ter uma ideia clara da forma básica de um eletróforo bem como das suas dimensões, a fim de evitar equívocos futuros.

A figura 3 abaixo mostra o formato básico de um eletróforo, em que a parte condutora é constituída de uma chapa metálica em formato circular, sobre a qual está ligada uma parte isolante em forma de bastão cilíndrico e posicionado no centro da referida chapa.

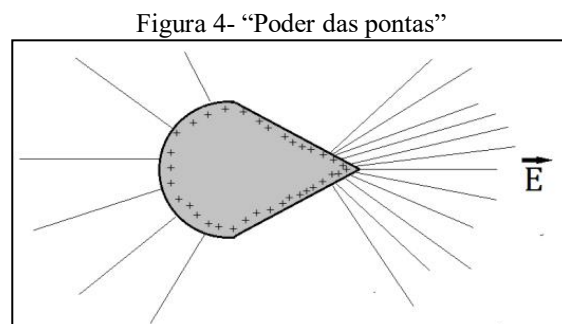


Fonte: Arquivo pessoal do autor, 2021.

Uma vez apresentada a forma básica deste equipamento, retornando à descrição mais afirmando que, para que possamos ter um eletróforo de funcionamento perfeito, o mesmo deve ser construído de modo que a chapa metálica não apresente regiões pontiagudas na sua estrutura, uma vez que tais irregularidades podem ser responsáveis por descarregar o dispositivo. Esse fenômeno é conhecido como “poder das pontas” e está relacionado ao fato de que as cargas elétricas tendem a se acumular nessas regiões pontiagudas, um efeito que pode ser decorrente das interações repulsivas de cargas de mesmo sinal. A descrição desse fenômeno é encontrada em Feynman (2019) quando expõe que:

A razão disso, qualitativamente, é que as cargas tentam se espalhar o máximo possível na superfície de um condutor, e a ponta de uma quina aguda é o mais longe possível que elas podem ir através da superfície. Algumas das cargas na placa são empurradas de todas as formas para a ponta. Uma quantidade relativamente pequena de cargas na ponta pode criar uma densidade superficial; e uma alta densidade significa um campo muito intenso imediatamente no exterior.

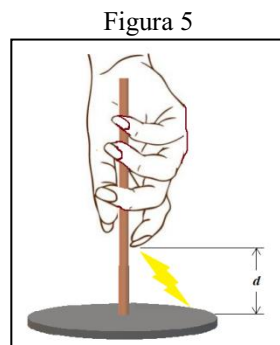
O acúmulo de cargas nessas regiões de pontas faz com que o campo elétrico nessas regiões seja muito intenso possibilitando a ruptura dielétrica da camada de ar próxima a essas regiões. Essa descrição pode ser vista com mais detalhes na figura 4 abaixo.



Fonte: Arquivo pessoal do autor, 202.

Portanto, para tentar evitar o acúmulo de cargas nessas regiões, é aconselhável que o objeto tenha um formato circular ou arredondado.

Outra precaução que se deve tomar é quanto ao comprimento do bastão cilíndrico, pois este não deve ser muito curto. Se o bastão for muito curto corre-se o risco de a carga ser transferida para a nossa mão e isso pode acontecer em função de dois fatores, a saber: (i) nosso corpo é um condutor de eletricidade e, neste caso, nossos dedos fazem no nosso corpo o papel das “pontas” descritas anteriormente. Logo, a nossa mão deve permanecer a uma distância d não muito próxima da parte eletrizada do eletróforo, conforme mostra a figura 5 abaixo. (ii) Outro fator importante está relacionado à umidade das mãos, elas devem estar secas e livres de qualquer umidade.



Fonte: Arquivo pessoal do autor, 2021.

Neste ponto, após ter descrito detalhadamente os fatores que podem influenciar na eficiência do nosso dispositivo, passemos agora a descrever o processo de construção propriamente dito e quais os tipos de materiais que utilizamos. É muito comum as pessoas usarem tampas de painéis de alumínio para fabricar esse tipo de experimento, porém, no nosso caso fizemos uso de um material que estava prestes a ir para o lixo, ou seja, utilizamos um disco de HD de computador. Esse disco é geralmente feito de alumínio e “perfeitamente” liso, não apresentando pontas na sua estrutura, o que permite armazenar cargas elétricas com muita eficiência. A figura 6 mostra a parte interior de um HD de computador.

Figura 6: Parte interna de HD



Fonte: <http://bloghardwaremicrocamp.com.br/manutencao/conheca-a-anatomia-de-um-disco-rigido/>

Usando algumas ferramentas apropriadas é possível retirar esse disco. Neste momento devemos ter o máximo de cuidado possível para não arranhar a superfície do disco, pois os arranhões podem conter minúsculas pontas que irão permitir o escape de carga. Abaixo apresentaremos uma figura com o disco já retirado e separado das demais peças que compõe o HD de memória.

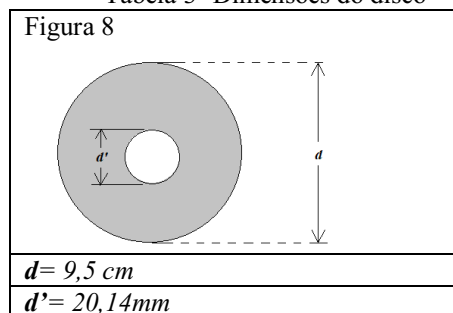
Figura 7- Disco de memória



Fonte: Arquivo pessoal do autor, 2021.

Usando um paquímetro retiramos algumas medidas referentes ao disco. Essas medidas são mostradas na tabela abaixo.

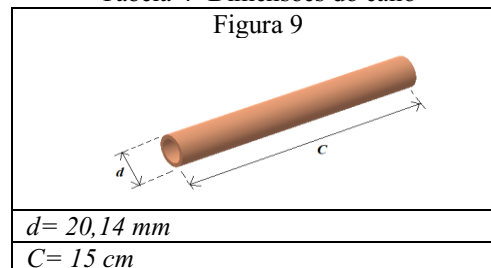
Tabela 3- Dimensões do disco



Fonte: Arquivo pessoal do autor, 2021.

Depois de conseguir o disco metálico o próximo passo é escolher o material que será usado para fabricar o bastão cilíndrico. Para o bastão, decidimos usar um pedaço de cano PVC (policloreto de vinila), que é um excelente isolante para situações em que estamos realizando experiências com alta diferença de potencial, como é o caso do eletróforo. Na tabela a seguir temos as dimensões referentes ao cano que usamos.

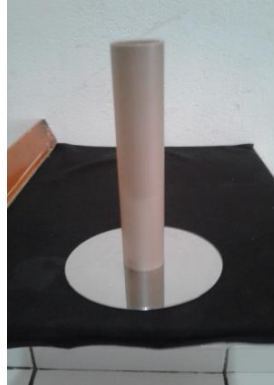
Tabela 4- Dimensões do cano



Fonte: Arquivo pessoal do autor, 2021.

Durante a construção ocorreu uma coincidência inesperada e que dispensou o uso de cola para fixar o cano no disco. O diâmetro interno do disco possui a mesma medida do diâmetro do cano de PVC. Essa coincidência permitiu o encaixe perfeito do cano de PVC no disco metálico. O resultado é o que está sendo mostrado abaixo na figura 10.

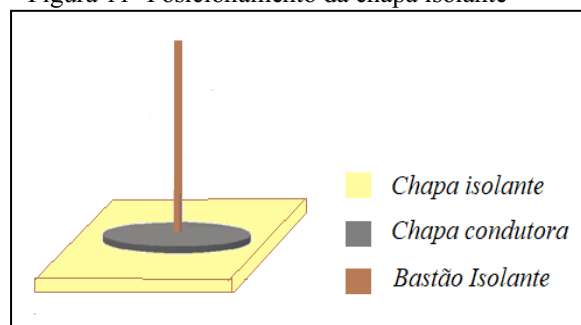
Figura 10- Eletróforo de volta



Fonte: Arquivo pessoal do autor, 2021.

A descrição final com relação ao funcionamento do eletróforo está relacionada ao modo como devemos eletrizá-lo. Para eletrizar o dispositivo utilizaremos um pedaço de material isolante que pode ser eletrizado com o auxílio de um tecido de seda, papel toalha, com a mão ou com os pelos do antebraço. O material que utilizamos é exatamente aquele usado para fabricar o bastão isolante do eletróforo e, neste caso, o material é o PVC. Como temos um disco de aproximadamente 9,5 cm de diâmetro, devemos ter uma chapa de PVC de 10 cm². Essa chapa deve ficar posicionada abaixo da chapa metálica como é mostrado abaixo.

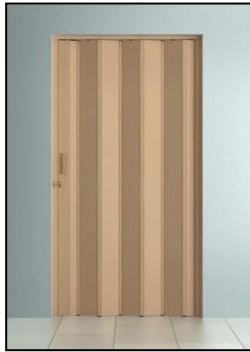
Figura 11- Posicionamento da chapa isolante



Fonte: Arquivo pessoal do autor, 2021.

Mas onde conseguir uma chapa de PVC nessas dimensões? Existem duas formas de conseguir, uma delas é derreter um pedaço de um cano e colocar numa fôrma com as dimensões já mostradas anteriormente. No nosso caso, a chapa utilizada foi um pedaço retirado de uma velha porta sanfonada, a qual estava destinada a ir para o lixo. A figura 12 abaixo mostra uma dessas portas.

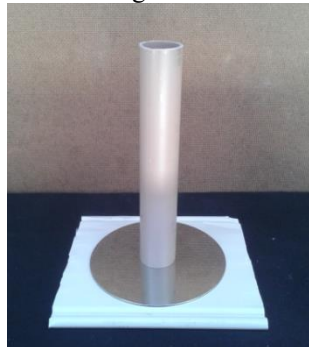
Figura 12- Porta sanfonada



Fonte: <https://www.esplane.com.br/produto/porta-sanfonada-bcf-bege-84cm-x-210cm-80848>

O material do qual é feita a porta constitui um ótimo isolante e pode ser usado para eletrizar o eletróforo com muita eficiência, desde que sejam seguidas as recomendações anteriores. Para finalizar o processo, recortamos a chapa com as dimensões especificadas. No final teremos a montagem que está sendo mostrada na figura 13 abaixo.

Figura 13- Montagem final do eletróforo



Fonte: Arquivo pessoal do autor, 2021.

Por fim, reiteramos que, com materiais acessíveis à maioria das pessoas é possível elaborar um dispositivo que pode ser utilizado em diversas demonstrações de eletrostática. Esse mesmo dispositivo será usado para demonstrar o funcionamento de outros experimentos, como veremos adiante.

A garrafa de Leyden

No presente experimento adiantamos que o mesmo apresenta basicamente o mesmo princípio de funcionamento do eletróforo de Volta, pois tem como finalidade principal o armazenamento de cargas elétricas em chapas metálicas e, neste caso, estamos falando da garrafa de Leyden, que é conhecida modernamente pelo nome de capacitor. O termo “garrafa de Leyden” está relacionado ao fato de o dispositivo ter sido inventado numa universidade da Europa chamada Leyden por um professor chamado Pieter van Musschenbroek.

Figura 14- Busto de Pieter van Musschenbroek



Fonte: <https://www.sciencephoto.com/media/608732/view/pieter-van-musschenbroek-dutch-scientist>

Diferentemente do que acontece com o eletróforo, a garrafa de Leyden utiliza duas chapas metálicas para o armazenamento das cargas elétricas, conforme mostrado na figura abaixo uma versão antiga deste dispositivo. Nela, podemos observar que o cilindro de vidro é revestido com chapas de cobre e que a chapa interna é conectada a uma haste metálica que possui uma esfera na extremidade superior. Para eletrizar a garrafa precisamos tocar a esfera com um objeto eletrizado, essa tarefa pode ser realizada com o auxílio do eletróforo de volta. A figura também mostra uma ferramenta com duas esferas metálicas, que normalmente é utilizada para descarregar a garrafa quando a mesma encontra-se eletrizada.

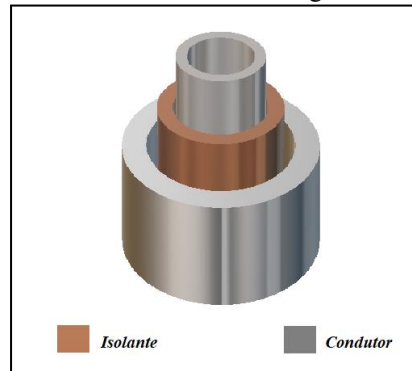
Figura 14- Garrafa de Leyden



Fonte: <http://minf.ufpa.br/index.php/garrafa-de-leyden.html>

O que temos de semelhante entre o eletróforo e a garrafa de Leyden são as condições descritas anteriormente para um melhor funcionamento do dispositivo. As chapas metálicas do capacitor devem ser separadas por um material isolante e, assim como no eletróforo, essas chapas devem apresentar um formato circular e cilíndrico para fins de evitar o escape das cargas frente à ruptura dielétrica do ar nas proximidades de possíveis regiões pontiagudas. A figura abaixo apresenta a ideia básica da estrutura de uma garrafa de Leyden.

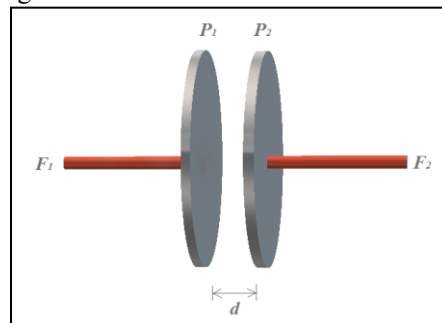
Figura 15- Estrutura básica de uma garrafa de Leyden



Fonte: Arquivo pessoal do autor, 2021.

Observa-se que existem duas estruturas metálicas e entre elas uma estrutura contendo um material isolante cuja finalidade é a de impedir o contato entre as duas partes metálicas. Nos primeiros estudos relacionados à garrafa de Leyden o material usado como isolante eram garrafas de vidro envolvidas externa e internamente com cobre. Nos modernos capacitores são usados os mais variados tipos de materiais isolantes, desde vidro, mica, papel, óleo e até mesmo o próprio ar que respiramos, pois este, em condições normais de temperatura e pressão constitui um bom isolante. As duas estruturas metálicas $P1$ e $P2$ mostradas abaixo são ligadas a dois fios condutores $F1$ e $F2$, e são separadas por uma distância d que pode ser fixa ou variável dependendo da aplicação que se deseja com o capacitor.

Figura 17- Estrutura básica de um moderno capacitor

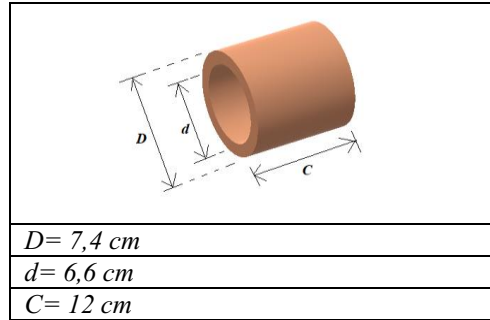


Fonte: Arquivo pessoal do autor, 2021.

Para fabricar nossa garrafa de Leyden, pode-se usar os seguintes materiais: Cano de PVC, uma lata metálica de refrigerante, haste metálica, esfera de alumínio e um pedaço de uma folha de alumínio. O primeiro passo é definir as dimensões do cano de PVC, isso fica a critério de quem está construindo o experimento, mas no nosso caso foi utilizado um pedaço de cano com as dimensões especificadas baixo.

Tabela 5- Dimensões do cano

Figura 18



Fonte: Arquivo pessoal do autor, 2021.

Com tais dimensões observa-se que a distância que irá separar as duas partes condutoras será de 0,8 mm. Nossa ideia inicial era produzir uma garrafa utilizando apenas papel alumínio para as partes metálicas, porém, de posse um pedaço de cano PVC encontrado em um terreno abandonado, possibilitando assim um encaixe perfeito entre as latinhas, resolvemos, portanto, proceder com a construção do dispositivo utilizando agora esses novos materiais, conforme mostrado na figura abaixo.

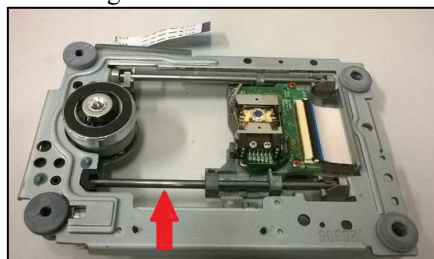
Figura 19- Encaixe da lata metálica no cano



Fonte: Arquivo pessoal do autor, 2021.

O próximo passo é conseguir a haste metálica, a esfera e o papel alumínio que irá revestir a parte externa do cano. Para fabricar a haste metálica, será utilizado um bastão metálico, o qual pode ser encontrado em leitores de DVD. A figura a seguir mostra um desses leitores e o respectivo bastão que será usado no nosso experimento. Na figura, o bastão em questão é destacado pela seta vermelho e o mesmo possui bastão 15cm de comprimento por 3 mm de espessura.

Figura 20- Leitor de DVD

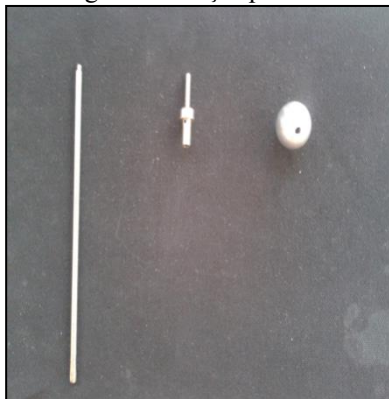


Fonte: Arquivo pessoal do autor, 2021.

Para conseguir a esfera metálica foi necessário efetuar a compra da mesma em uma loja da cidade de Cajazeiras/PB. É importante também esclarecer que a esfera em questão possui dimensão de 2,5 centímetros de diâmetro e a mesma foi adquirida por um valor muito acessível, custando apenas um real e cinquenta centavos (R\$ 1,50).

É muito comum as pessoas fabricarem esferas usando pequenas esferas de isopor e envolvê-las com papel alumínio, mas para experimentos de eletrostática esse tipo de procedimento não é aconselhável, pois o papel alumínio apresentará minúsculas regiões pontiagudas mesmo depois de envolvido em uma superfície com o formato esférico. A esfera que utilizamos na construção do nosso dispositivo possui um pequeno orifício de 5,0 mm de diâmetro e 7,0 mm de profundidade. Ao encaixarmos a esfera no bastão metálico observamos que a estrutura apresentou uma pequena folga, que foi solucionada utilizando um conector elétrico retirado de um rádio antigo. Esse conector permite unir a esfera e o bastão metálico de modo que não haja folga. Na figura abaixo é mostrado o procedimento de montagem antes e o depois.

Figura 21- Peças para haste



Fonte: Arquivo pessoal do autor, 2021.

Figura 22- Haste pronta



Fonte: Arquivo pessoal do autor, 2021.

Uma vez realizada a confecção da haste, o passo seguinte será fixá-la na lata de refrigerante inserida no cano de PVC. Para tanto, é necessário produzir um pequeno orifício na parte correspondente ao fundo da garrafa de modo que o mesmo tenha dimensões aproximadas de 3,1 mm de espessura, com a finalidade de permitir um encaixe perfeito da haste metálica neste orifício. O conjunto, garrafa metálica, haste e cano ficarão com a seguinte configuração mostrada a seguir.

Figura 23- conjunto garrafa/cano/haste



Fonte: Arquivo pessoal do autor, 2021.

Para fabricar a superfície metálica externa seria interessante encontrar um recipiente metálico que permitisse o perfeito encaixe do cano de PVC dentro desse recipiente metálico. Essa observação se faz necessária, pois um recipiente metálico possui uma durabilidade maior quando comparada com a durabilidade do papel alumínio, visto que o papel alumínio é muito fino e também muito fácil de sofrer danos durante o manuseio do experimento. Tendo em vista as dificuldades na aquisição desse recipiente resolvemos fazer a utilização do papel alumínio para revestir a parte externa da garrafa de Leyden. Para tanto, foi necessário realizar a compra de um rolo de papel alumínio ao custo de R\$ 5,99 reais, onde foi recortado um pedaço de 25 cm de comprimento e 11,5 cm de largura e, com muito cuidado, envolvemos a superfície externa do cano de PVC com o referido papel e fixamos com fita adesiva. Com essa etapa finalizamos o processo de construção da nossa garra de Leyden que está sendo mostrada na figura abaixo sobre um pirex de vidro.

Figura 24- Garrafa de Leyden pronta



Fonte: Arquivo pessoal do autor, 2021.

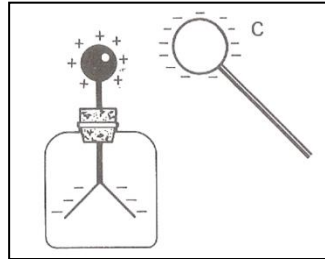
O eletroscópio

Na presente seção, descreveremos sucintamente, o procedimento de construção de um eletroscópio, um dispositivo que tem a finalidade de identificar a presença de cargas elétricas

em objetos eletrizados. Basicamente, um eletroscópio é constituído de uma parte isolante e uma parte condutora. Na extremidade inferior da haste metálica são colocadas duas folhas de alumínio que podem se mover livremente em torno de um eixo. Essas folhas se repelem quando aproximamos da parte superior do eletroscópio um objeto eletrizado.

A figura abaixo nos dá uma ideia de como é um eletroscópio de folhas.

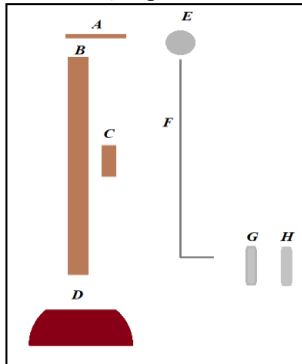
Figura 25- eletroscópio de folhas



Fonte: <https://blog.professorbrunofernandes.com.br/espex-resumo-de-fisica-processos-de-eletrizacao/>

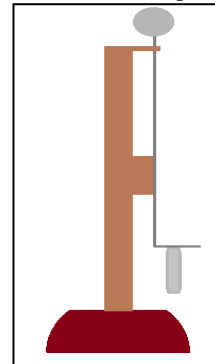
O eletroscópio mostrado no esquema da figura acima possui a parte inferior imersa em um recipiente isolante, enquanto o que iremos propor neste trabalho difere em relação a este ponto específico tendo em vista a necessidade de se ter um maior sucesso na demonstração de algumas experiências. Para tanto, a figura abaixo mostra as diversas partes que compõe o nosso eletroscópio.

Figura 26- Peças para o eletroscópio



Fonte: Arquivo pessoal do autor, 2021.

Figura 27- Eletroscópio pronto



Fonte: Arquivo pessoal do autor, 2021.

Todas as partes que compõe o eletroscópio foram adquiridas com muita facilidade. A esfera da parte superior foi comprada por um preço acessível e possui as mesmas dimensões e características da esfera utilizada na garrafa de Leyden. As peças *A*, *B* e *C* são feitas de madeira, e a peça *D* é feita de plástico e foi retirada de um móvel usado que estava prestes a ir para o lixo. A peça *F* é um fio metálico em aço que pode ser substituído por um fio de cobre, enquanto os objetos *G* e *H* são folhas de alumínio de mesmo tamanho. Na tabela abaixo temos as dimensões das peças que compõe o eletroscópio.

Tabela 5- Dimensões

Peça	Dimensões
A	Peça quadrada que possui 3 cm quadrados e 3 mm de altura.
B	Peça cilíndrica com 35 cm de altura e 1,5 cm de diâmetro.
C	Paralelepípedo de 2 cm de base, 1 cm de largura e 0,7 mm de altura.
D	Peça cônica com raio superior de 3,7 cm e raio inferior com 6,5 cm.
E	Possui as mesmas dimensões da esfera usada na garrafa de Leyden.
F	Fio metálico co 29 cm
G e H	Folhas de alumínio com 5 cm de comprimento e 1 cm de largura.

Fonte: Arquivo pessoal do autor, 2021.

Para fixar a peça D em B e A em B foram usados parafusos metálicos que não interferem de forma negativa na realização das demonstrações. Outra característica presente no nosso eletroscópio diz respeito ao tamanho do mesmo. O nosso dispositivo possui 40 cm de altura, pois é interessante muitas vezes exagerar no tamanho do experimento a fim de possibilitar uma melhor observação das demonstrações experimentais por parte dos estudantes. Na figura abaixo temos o eletroscópio pronto

Figura 28- Eletroscópio de folhas



Fonte: Arquivo pessoal do autor, 2021.

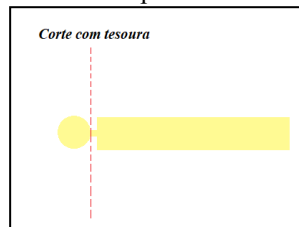
O versório

O nosso próximo instrumento é conhecido como versório, que normalmente se constitui de duas partes: Uma parte vertical, que age como um suporte fixo em relação à terra e uma parte horizontal capaz de girar livremente sobre o eixo vertical definido pelo suporte. Uma descrição mais precisa do que seja um versório pode ser encontrada em Assis, ao afirmar

que “O termo versório vem de uma palavra latina, *versorium*, que tem o significado de instrumento girador ou aparato girante.” ASSIS (2011, p. 26),

A estrutura do aparato é muito semelhante a uma bússola e é um instrumento muito fácil de ser confeccionado. Para sua construção será usada uma parte específica da porta sanfonada que está sendo mostrada na figura 12 e que foi também usada na elaboração do eletróforo de volta. Nesse tipo de porta existem estruturas em formato de tubo e podem ser facilmente eletrizadas com papel ou tecido de seda. Para obter separadamente esses tubos é necessário fazer um corte com o auxílio de uma tesoura. O modo correto de se fazer esse corte está sendo mostrado abaixo.

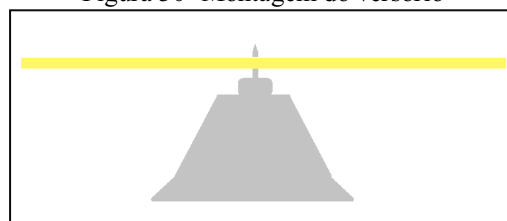
Figura 29- Corte para retirada do tubo



Fonte: Arquivo pessoal do autor, 2021.

Geralmente, o tamanho do tubo está entre 2,5m e 3m e possui um diâmetro de 1 cm, tamanho suficiente para elaborar nosso versório. Para nosso instrumento, serão utilizados dois pedaços de 40 cm. Após cortar os dois pedaços procedemos com um pequeno orifício no ponto médio de um dos tubos que servirá de encaixe para o suporte vertical sob o qual o referido tubo irá girar, conforme mostra a figura a seguir:

Figura 30- Montagem do versório



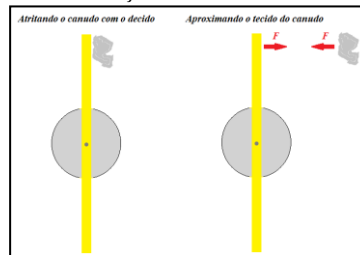
Fonte: Arquivo pessoal do autor, 2021.

Para confeccionar a peça vertical foi utilizado um objeto de plástico que geralmente é encontrado em embalagens de ovos de páscoa. O objeto pontiagudo acima do objeto plástico é um prego metálico fixado com cola. É importante esclarecer que esses dois objetos que servem de base para a construção de um versório também podem ser substituídos por objetos de madeira com outros formatos.

Para demonstrar o funcionamento do dispositivo é necessário outro tubo com o mesmo tamanho e de um material que possa ser usado para atritar ambos os canudos. Esse material pode ser um tecido de seda ou um pedaço de papel higiênico. Na primeira demonstração, uma

das extremidades do dispositivo é atritada e em seguida aproximamos o mesmo material utilizado para atritá-lo, onde será possível observar que a parte do bastão atritada se movimenta em direção ao objeto utilizado para atritar a extremidade do bastão. Essa situação pode ser mais bem compreendida por meio da figura abaixo.

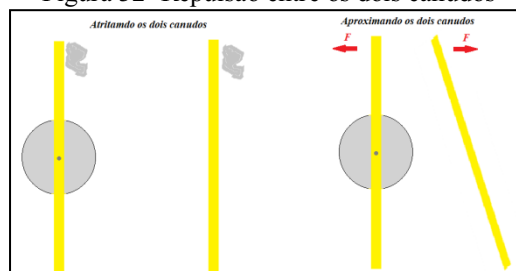
Figura 31- Atração entre o bastão e o tecido



Fonte: Arquivo pessoal do autor, 2021.

Outra possibilidade de demonstração envolvendo o versório consiste em atritar um segundo canudo e aproximá-lo do dispositivo, possibilitando assim, a observação do fenômeno da repulsão elétrica, conforme figura abaixo:

Figura 32- Repulsão entre os dois canudos



Fonte: Arquivo pessoal do autor, 2021.

Neste ponto, também é interessante esclarecer que, embora a situação realmente possa apontar na existência e, portanto, na observação da repulsão mútua entre os dois canudos, a mesma não pode ser percebida, uma vez que a força elétrica sobre o canudo fixo na nossa mão não é intensa o suficiente para deslocar nosso braço. Porém, a observação direta do fenômeno em questão pode ser obtida por meio da utilização de um segundo dispositivo, em que ambos serão atritados e colocados lado a lado, de acordo com a figura abaixo:

Figura 33- Versório



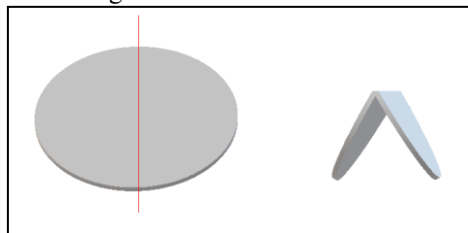
Fonte: Arquivo pessoal do autor, 2021.

O Pêndulo Eletrostático

Tendo apresentado o procedimento de construção do dispositivo do versório, nesta seção nos dedicaremos a apresentar uma proposta de construção de dois pêndulos eletrostáticos, os quais serão utilizados para três demonstrações distintas. Para tanto, será necessário a utilização de materiais de fácil acesso e que já foram utilizados na elaboração de experimentos anteriores. Em um dos pêndulos será utilizados um pedaço de canudo, papel alumínio e uma base de plástico.

Inicialmente devemos recortar três pedaços de papel alumínio em formato circular e com dimensões de aproximadamente dois centímetros de diâmetro. O próximo passo é dobrar esses três pedaços de modo que a sua estrutura fique com o formato de um V. Abaixo temos a representação esquemática de como isso deve ser feito.

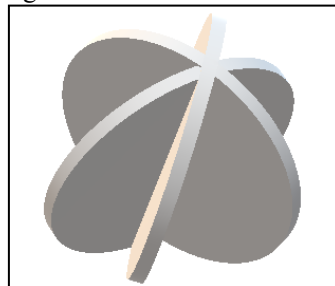
Figura 34- Folha de alumínio



Fonte: Arquivo pessoal do autor, 2021.

O procedimento acima deve ser feito com as três folhas e logo após, essas três estruturas em formato de V devem ser coladas pelo vértice. Após a colagem teremos a estrutura que está sendo mostrada abaixo.

Figura 35- Estrutura de alumínio

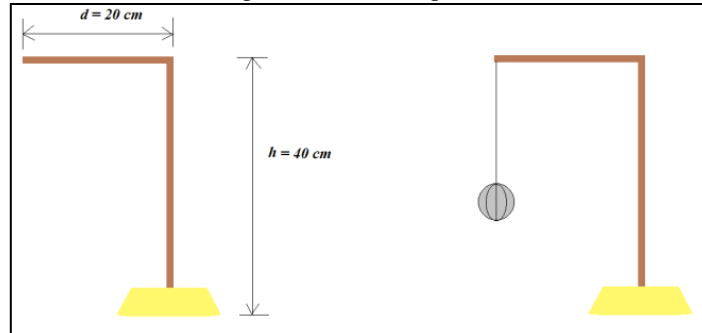


Fonte: Arquivo pessoal do autor, 2021.

A estrutura acima é muito leve e pode ser facilmente deslocada por meio de um bastão eletrizado. O próximo passo na elaboração do pêndulo eletrostático é a construção da base do mesmo, que deve ser composta de duas partes, sendo uma com formato de L e outra com formato circular ou quadrado. Um aspecto interessante em relação a essas duas partes é que as

mesmas devem ser feitas de um material isolante. Por fim, utilizamos uma linha de costura para suspender a estrutura metálica, conforme esquema da figura abaixo:

Figura 36- Pêndulo pronto

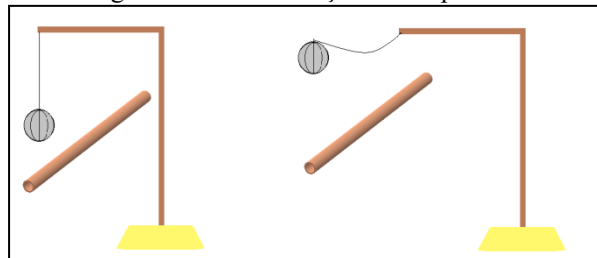


Fonte: Arquivo pessoal do autor, 2021.

Uma vez construído o dispositivo do pêndulo eletrostático acima, podemos utilizá-lo para realizar algumas demonstrações interessantes para os estudantes da educação básica. Duas dessas demonstrações que proporemos aqui podem ser facilmente realizadas com o auxílio do supracitado dispositivo e de um tubo de PVC. A primeira demonstração consiste em eletrizar a estrutura circular metálica do pêndulo. Para isso, eletrizamos um bastão de PVC com um tecido de seda e em seguida aproximamos o bastão da estrutura metálica, onde será possível observar que a estrutura metálica é atraída rapidamente em direção ao bastão eletrizado e repelida com a mesma rapidez. Se atritarmos novamente o bastão e aproximá-lo da estrutura metálica, é possível observar que a estrutura metálica pode flutuar acima do bastão eletrizado.

Demonstrações dessa natureza produzem muita curiosidade e, sobretudo, muita admiração nos estudantes e, por conseguinte, permite prender a atenção dos mesmos durante as aulas de eletrostática. A figura abaixo nos permite ter uma ideia mais clara dessas demonstrações:

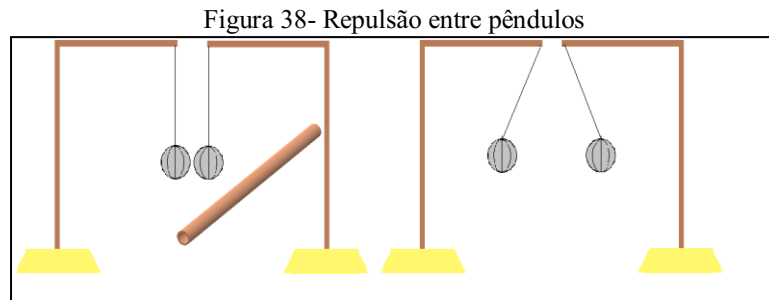
Figura 37- Demonstração com o pêndulo



Fonte: Arquivo pessoal do autor, 2021.

A próxima demonstração envolvendo o experimento acima consiste em demonstrar a repulsão entre dois pêndulos. Para tanto, uma vez construído o segundo pêndulo eletrostático,

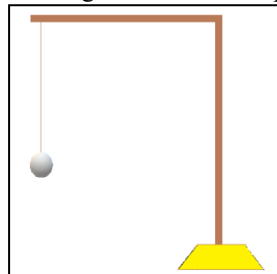
o mesmo pode ser eletrizado com o auxílio de um tubo de PVC utilizado na demonstração anterior. Inicialmente, colocamos ambos os pêndulos lado a lado e logo em seguida os eletrizamos. Feito isso, é possível perceber que forma-se um ângulo entre as linhas suspendendo os dois objetos metálicos, conforme mostrado na figura abaixo:



Fonte: Arquivo pessoal do autor, 2021.

O outro modelo de pêndulo eletrostático proposto neste trabalho difere do primeiro apenas em relação à esfera metálica, que possui dimensões de aproximadamente 2,0mm e pode ser encontrada facilmente em alguns modelos de ventiladores que utilizam rolamentos como mecanismo de giro. O formato do pêndulo é muito semelhante ao anterior, conforme mostra a figura abaixo:

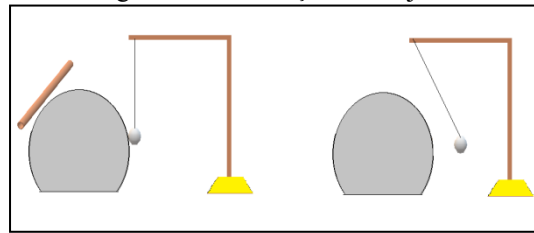
Figura 39- Segundo modelo de pêndulo



Fonte: Arquivo pessoal do autor, 2021.

A primeira demonstração que podemos realizar utilizando o modelo de pêndulo acima consiste em eletrizar com cargas iguais a esfera do referido pêndulo e uma estrutura maior em formato circular. O objetivo principal dessa demonstração é que, por meio do fenômeno da repulsão eletrostática, a esfera do pêndulo possa flutuar sobre a estrutura metálica. Para tanto, deve-se inicialmente posicionar a esfera do pêndulo de modo que ela toque a estrutura metálica, que por simplicidade, pode ser qualquer utensílio de alumínio possuindo um formato circular. A eletrização dos dois objetos metálicos pode ser realizada por meio de um tubo de PVC, conforme já utilizado na demonstração anterior do primeiro pêndulo. Este processo pode acontecer permitindo que o tubo de PVC toque a estrutura maior de modo que ambos os objetos fiquem eletrizados com mesma carga, conforme figura abaixo:

Figura 40- Eletrização dos objetos



Fonte: Arquivo pessoal do autor, 2021.

Como mostra a figura acima, depois da eletrização a esfera do pêndulo se repele de tal modo que a situação se assemelha a um sistema planetário, ou seja, em muitos momentos a esfera realiza movimentos circulares em volta da estrutura metálica.

O mesmo pêndulo também pode ser utilizado para demonstrar o funcionamento do que chamamos modernamente de campainha de Benjamin Franklin, político e estudioso americano que deu diversas contribuições ao estudo da eletricidade.

Figura 41- Benjamin Franklin

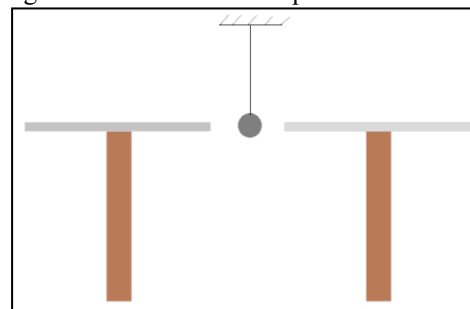


Fonte: <https://www3.unicentro.br/petfisica/2020/05/08/benjamin-franklin1705-1790/>

A campainha de Franklin consiste em dois objetos metálicos com formato circular postos lado a lado e, entre o quais, deve existir um espaço de dois centímetros de modo que a esfera do pêndulo permaneça entre os dois objetos metálicos acima mencionados. Tais objetos consistem em dois discos de memória, os quais também foram utilizados na elaboração do eletróforo de Volta.

A figura abaixo nos dá uma visão mais detalhada de como deve ser organizado os componentes da campainha de Franklin.

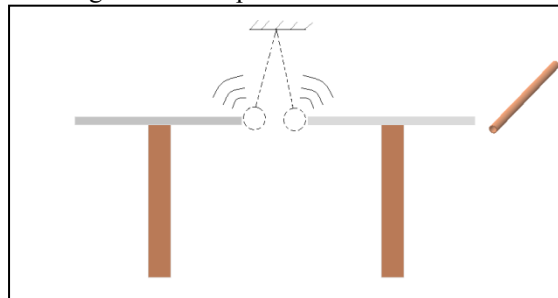
Figura 42- Modelo da Campainha de Franklin



Fonte: Arquivo pessoal do autor, 2021.

Para verificar o funcionamento deste dispositivo, faz-se necessário aproximar o bastão de PVC eletrizado nas proximidades do disco metálico, de modo que, quando ocorre essa aproximação a esfera posicionada entre os discos metálicos começa a oscilar e se choca contra os discos, emitindo assim um som muito peculiar, característico de uma campainha convencional, razão pela qual lhe é atribuído o título.

Figura 43- Campainha em funcionamento

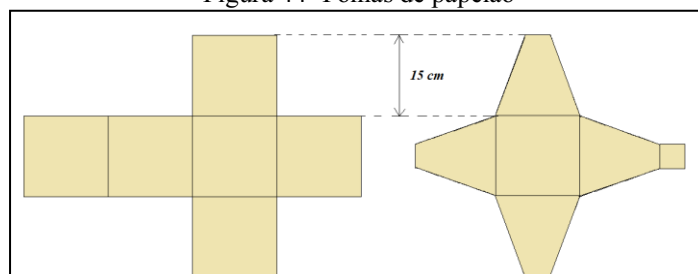


Fonte: Arquivo pessoal do autor, 2021.

O poder das pontas

Neste ponto, proporemos e também discutiremos um fenômeno razoavelmente simples comumente conhecido como o “poder das pontas”, cujo nome lhe é atribuído devido ao fato de que as cargas elétricas tendem a se acumular em regiões que apresentam pontas em sua estrutura. O objetivo básico do experimento consiste em verificar a atração eletrostática que ocorre com uma pequena esfera de isopor quando esta é colocada sobre duas superfícies. O que devemos fazer inicialmente é fabricar duas estruturas de papelão, uma com o formato de um cubo e a outra com o formato de uma pirâmide de base quadrada. Na figura abaixo trazemos as dimensões que devem possuir essas duas estruturas.

Figura 44- Folhas de papelão

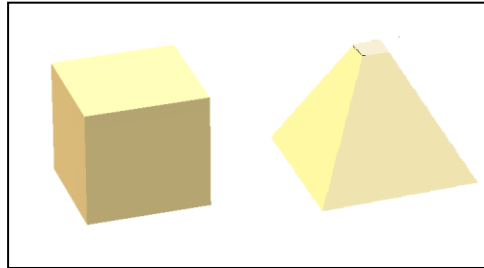


Fonte: Arquivo pessoal do autor, 2021.

Tomando como base a figura acima, nota-se que as duas estruturas devem possuir a mesma altura de 15 centímetros. A única diferença está no fato de que uma das formas geométricas possui uma das faces quadradas menor. O passo seguinte consiste em dobrar e colar com fita

adesiva de modo a ter um cubo e uma pirâmide de base quadrada. Após a dobragem e a colagem, teremos as duas estruturas mostradas abaixo.

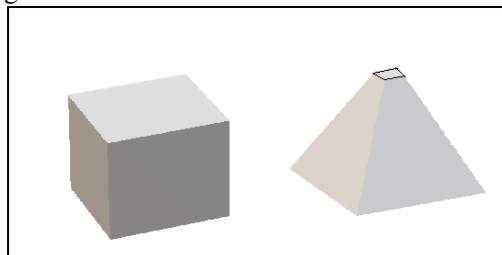
Figura 45- Estruturas de papelão



Fonte: Arquivo pessoal do autor, 2021.

O último passo consiste em revestir essas duas estruturas com folhas de alumínio. Para tanto, deve-se fazer o recorte dessas folhas no mesmo formato mostrado na figura 44. Para fixar as folhas de alumínio nas estruturas acima devemos usar fita adesiva transparente. Depois do revestimento com as folhas de alumínio teremos as duas estruturas tal como mostrado abaixo.

Figura 46- Estruturas com revestimento de alumínio

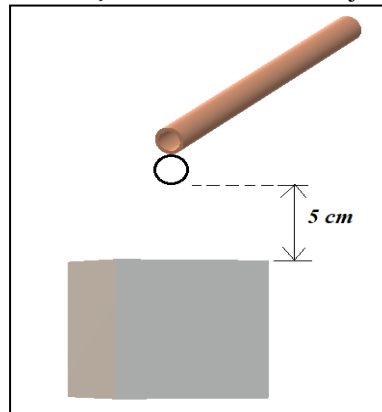


Fonte: arquivo pessoal do autor, 2021.

Para demonstrar o fenômeno do “poder das pontas”, inicialmente faz-se necessário a utilização de uma pequena esfera de isopor, normalmente utilizada em trabalhos escolares e que deve possuir dimensões aproximadas de 2 milímetros. Nesse sentido, para efeitos de realização da presente experiência, nós a dividiremos em duas partes distintas, para as quais, utilizaremos o objeto cúbico, a esfera de isopor, o bastão de PVC (para eletrização da referida esfera de isopor) e uma régua de 30 cm de comprimento,

Na primeira parte da realização do presente experimento, posiciona-se a esfera de isopor sobre o objeto cúbico (com a régua também posicionada ao seu lado), enquanto o bastão de PVC eletrizado é aproximado da esfera de isopor. Neste momento, observa-se o fenômeno da atração eletrostática entre a esfera e o bastão, isto é, a esfera se move em direção ao mesmo quando a distância de separação entre eles é de aproximadamente 5,0cm.

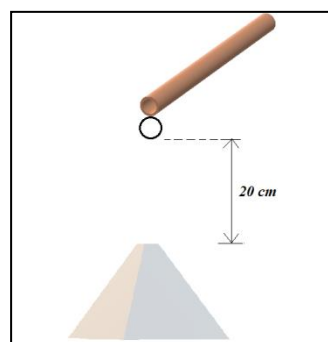
Figura 47- Atração da esfera sobre o objeto cúbico



Fonte: arquivo pessoal do autor, 2021.

A segunda parte da experiência consiste em utilizar a estrutura piramidal para verificar se ocorre algo diferente em relação ao observado anteriormente. Assim sendo, ao realizar então o mesmo procedimento, porém, desta vez com o objeto cúbico, percebe-se, para nossa surpresa, que a esfera é atraída quando o bastão está a uma distância de aproximadamente 20 cm da esfera.

Figura 48- Atração da esfera sobre a pirâmide



Fonte: Arquivo pessoal do autor, 2021.

Pelo exposto, concluímos a presente seção enfatizando que o presente experimento demonstra, com muita eficiência, o que conhecemos como “poder das pontas”. Isso significa dizer que, aproximando o bastão eletrizado da esfera sobre o objeto cúbico ocorre uma separação de cargas, culminando assim na eletrização da esfera de isopor e, por conseguinte, uma atração elétrica entre a esfera e o bastão de PVC. Por fim, esclarecemos que o mesmo efeito da separação de cargas também ocorre no objeto piramidal possuindo uma região pontiaguda (onde se posiciona a esfera), porém com mais intensidade pelo fato de que tal região possui uma concentração maior de cargas.

CAPÍTULO IV: CONSTRUÇÃO DE UMA RÉPLICA DO EXPERIMENTO DA BALANÇA DE TORÇÃO.

No presente capítulo descreveremos o processo de construção do experimento mais importante do nosso laboratório portátil. O experimento consiste na construção de uma réplica da balança de Torção de Coulomb, utilizado para a comprovação da lei de Coulomb e sendo um dos mais fascinantes já realizados e descritos pela história da ciência, possuindo grande importância na descrição de fenômenos elétricos.

A importância do experimento acima mencionado é destacada por Silva (2015, p. 328) ao afirmar que:

Com essa, empreendeu testes em que a repulsão entre duas esferas eletrizadas, propondo os fundamentos quantitativos para a Lei Fundamental da Eletrostática (Lei de Coulomb). A descrição física da balança elétrica e os procedimentos experimentais realizados com o aparato são descritos na Primeira Memória Sobre a Eletricidade e o Magnetismo, que foi apresentada à Academia de Ciência Francesa.

O experimento original foi apresentado em 1785 na Academia de Ciências Francesa por Charles Augustin Coulomb.

Figura 49- Coulomb exibindo seu experimento



Fonte: <https://brasilescola.uol.com.br/fisica/charles-coulomb.htm>

No processo de elaboração da nossa réplica, inicialmente procuramos as diversas imagens presentes em livro e sites na internet, a fim de observar aspectos relacionados à estrutura externa da balança, como por exemplo, as cores presentes nas várias partes do dispositivo. Essa observação nos permite construir uma réplica que seja o mais fiel possível ao experimento original. O passo seguinte foi o mais difícil e consistiu em encontrar peças que fossem semelhantes às utilizadas na balança original. Uma visão um pouco mais detalhada de como são essas peças bem como suas dimensões pode ser encontrada no trabalho de Silva (2015, p. 328). Nesse sentido, adiantamos que nossa maior dificuldade foi a de encontrar peças que tivessem as mesmas dimensões daquelas utilizadas na supracitada referência.

Na balança original é possível perceber que a mesma possui uma parte superior e uma inferior. A parte superior possui um micrômetro de torção que pode ser ajustado por meio de

um ponteiro, enquanto na inferior está disposto o local onde ocorrem as interações elétricas entre duas pequenas esferas eletrizadas.

Figura 50- Balança de torção



Fonte: http://sandytagregador.blogspot.com/2016/06/blog-do-enem-simplificado-como-deve-ser_18.html

Na imagem acima se observa que a parte inferior e a superior são ligadas por meio de um tubo de vidro, enquanto na balança original esta ligação é feita por um fio de prata. No nosso caso, para proceder com a construção da nossa réplica da balança de torção de Coulomb esta ligação será feita por meio de um tubo de vidro oriundo de uma lâmpada fluorescente, conforme figura baixo.

Figura 51-Lâmpada fluorescente



Fonte: <https://www.oceanob2b.com/lampada-fluorescente-tubular-trifosforo-t5-54w-ref-01017-p1004592>

A preparação do referido tubo até o ponto de utilização no experimento foi realizada por ferramentas que também construímos especificamente para esse fim, como é o caso de um cortador de vidro, para o qual utilizamos lâmina usada em apontadores de lápis grafite e um canudo plástico que constitui a parte externa de uma caneta esferográfica, conforme figura abaixo.

Figura 52- Cortador de vidro



Fonte: Arquivo pessoal do autor, 2021.

De posse da ferramenta acima, retiramos os terminais do tudo (lâmpada), procedemos com sua limpeza interna e a cortamos até o tamanho desejado de 40 cm, onde tivemos o cuidado de fazer utilização de máscaras a fim de evitar a inalação do pó de fósforo e, por conseguinte, acarretar em problemas de saúde futuros. Prosseguindo, dois outros itens utilizados no nosso projeto da balança de torção são o recipiente onde ocorre a interação entre as esferas e a tampa servindo de suporte para o tubo de vidro, onde utilizamos um utensílio de plástico com dimensões aproximadas de 18 cm de diâmetro por 20,5 cm de altura bem como a tampa também de plástico contendo dois orifícios, sendo um na parte central e outro deslocado 2,0cm do centro. Em relação aos itens aqui descritos, os mesmos foram adquiridos a um custo total de R\$ 30,00 (trinta reais) em uma loja de materiais escolares da cidade.

É interessante esclarecer que na sua versão original de Coulomb, o mesmo utilizou um fio de prata para suspender a estrutura onde se insere a esfera que se moverá devido à repulsão elétrica, enquanto na nossa réplica decidimos utilizar um fio de cobre de 50 centímetros de comprimento. Em relação à esfera, utilizamos um brinco metálico de aproximadamente 0,6mm de diâmetro e cor dourada, conforme figura abaixo.

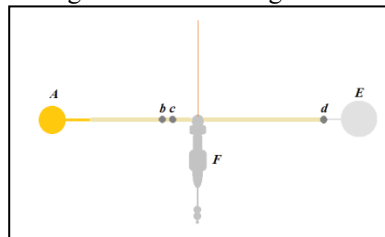
Figura 53- Brinco metálico



Fonte: Arquivo pessoal do autor, 2021.

Na estrutura giratória contendo a esfera acima existe outra servindo como contra peso, para a qual, utilizamos uma esfera metálica com dimensões aproximadas de 0,9mm de diâmetro, resultando numa estrutura conforme a figura abaixo.

Figura 54- Estrutura giratória

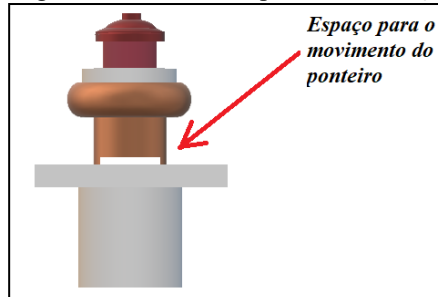


Fonte: Arquivo pessoal do autor, 2021.

Como a massa da esfera E é um pouco maior que a da esfera A , foi necessário inserir pequenas esferas de ajuste, onde utilizamos esferas de plásticos representadas na figura acima pelas letras b, c e d . Essas três pequenas esferas de ajuste podem se deslocar livremente ao longo da horizontal. A peça F consiste em uma pinça na qual inserimos a haste que contém as duas esferas A e E .

A estrutura superior da balança é o local onde é fixado o fio de cobre e ao mesmo é fixado também um ponteiro que indicará a torção sofrida pelo fio no momento em que a esfera sofre a repulsão eletrostática. A leitura dessa torção que ocorre no fio é indicada por meio de uma escala micrométrica. A estrutura que está localizada na parte superior do tubo de vidro é composta de várias peças com formatos distintos, as quais, quando unidas por meio de uma super cola, apresentam aparência muito semelhante quando comparada com a estrutura da balança original. Todas essas peças foram adquiridas por um custo zero, pois algumas são tampas de fracos que estavam prestes a ir parar num lixão, outras são peças metálicas retiradas de máquinas de costurar que estavam com defeitos. A figura abaixo apresenta as diversas peças constituintes da nossa balança, e a seta vermelha indica o espaço existente entre duas dessas peças, local onde ocorre o deslocamento do ponteiro.

Figura 55- Estrutura superior da balança

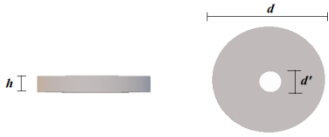
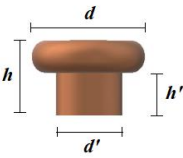
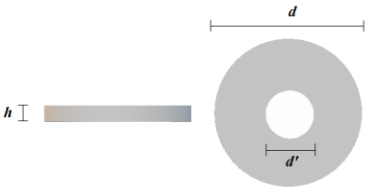
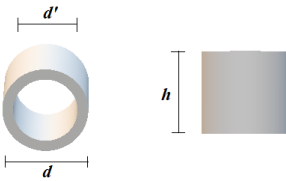


Fonte: Arquivo pessoal do autor, 2021.

Adiantamos também que duas das peças da estrutura acima são feitas de metal, mas nada impede que todas elas sejam feitas de plástico. Essa observação se faz importante, pois em muitas escolas existem impressoras 3D, o que permite a fabricação de tais peças com muita facilidade. É pensando nessa possibilidade que montamos a tabela abaixo com as dimensões de todas as peças que foram usadas para elaborar a estrutura acima.

Tabela 6: Dimensões das peças que compõe a estrutura superior da balança

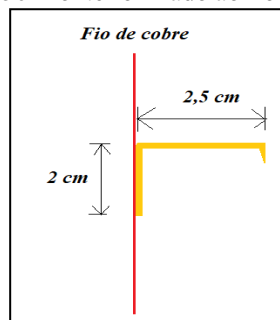
Peça	Dimensões													
	1)	<table border="1"> <thead> <tr> <th>Altura</th> <th>mm</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>h</td> <td>12,04</td> </tr> <tr> <td>h'</td> <td>6,26</td> </tr> <tr> <th>Diâmetro</th> <th>mm</th> </tr> <tr> <td>d</td> <td>16,23</td> </tr> <tr> <td>d'</td> <td>12,72</td> </tr> </tbody> </table>	Altura	mm	h	12,04	h'	6,26	Diâmetro	mm	d	16,23	d'	12,72
	Altura	mm												
	h	12,04												
	h'	6,26												
	Diâmetro	mm												
d	16,23													
d'	12,72													

	2) <table border="1" data-bbox="951 264 1209 427"> <thead> <tr> <th>Altura</th> <th>mm</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>h</td> <td>2,37</td> </tr> <tr> <th>Diâmetro</th> <th>mm</th> </tr> <tr> <td>d</td> <td>25,31</td> </tr> <tr> <td>d'</td> <td>2,60</td> </tr> </tbody> </table>	Altura	mm	h	2,37	Diâmetro	mm	d	25,31	d'	2,60		
Altura	mm												
h	2,37												
Diâmetro	mm												
d	25,31												
d'	2,60												
	3) <table border="1" data-bbox="951 472 1209 678"> <thead> <tr> <th>Altura</th> <th>mm</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>h</td> <td>19,59</td> </tr> <tr> <td>h'</td> <td>10,32</td> </tr> <tr> <th>Diâmetro</th> <th>mm</th> </tr> <tr> <td>d</td> <td>29,91</td> </tr> <tr> <td>d'</td> <td>19,10</td> </tr> </tbody> </table>	Altura	mm	h	19,59	h'	10,32	Diâmetro	mm	d	29,91	d'	19,10
Altura	mm												
h	19,59												
h'	10,32												
Diâmetro	mm												
d	29,91												
d'	19,10												
	4) <table border="1" data-bbox="951 703 1209 898"> <thead> <tr> <th>Altura</th> <th>mm</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>h</td> <td>2,75</td> </tr> <tr> <th>Diâmetro</th> <th>mm</th> </tr> <tr> <td>d</td> <td>40,98</td> </tr> <tr> <td>d'</td> <td>15,02</td> </tr> </tbody> </table>	Altura	mm	h	2,75	Diâmetro	mm	d	40,98	d'	15,02		
Altura	mm												
h	2,75												
Diâmetro	mm												
d	40,98												
d'	15,02												
	5) <table border="1" data-bbox="951 920 1209 1115"> <thead> <tr> <th>Altura</th> <th>mm</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>h</td> <td>26,55</td> </tr> <tr> <th>Diâmetro</th> <th>mm</th> </tr> <tr> <td>d</td> <td>29,66</td> </tr> <tr> <td>d'</td> <td>27,59</td> </tr> </tbody> </table>	Altura	mm	h	26,55	Diâmetro	mm	d	29,66	d'	27,59		
Altura	mm												
h	26,55												
Diâmetro	mm												
d	29,66												
d'	27,59												

Fonte: Arquivo pessoal do autor, 2021.

Como foi exposto anteriormente, é necessário que haja um ponteiro fixado na extremidade do fio que está presa a estrutura descrita acima. O ponteiro utilizado em nossa balança apresenta um formato de **L** e possui as especificações apresentadas na figura abaixo.

Figura 56- Ponteiro fixado ao fio de cobre

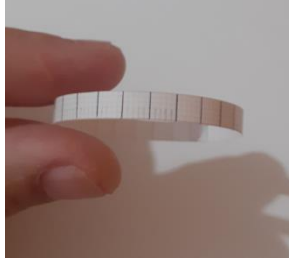


Fonte: Arquivo pessoal do autor, 2021.

Na balança original de Coulomb é utilizado um micrômetro para fins de medição das possíveis torções as quais podem estar submetido o fio, um aspecto que tem se mostrado como a maior dificuldade na construção do nosso projeto, tendo em vista que tal dispositivo não se obtém com facilidade, o que nos levou a utilização de uma escala convencional graduada em

milímetros. Essa escala pode ser produzida por meio de uma régua ou pode-se fazer a compra de um papel milimetrado, conforme figura abaixo.

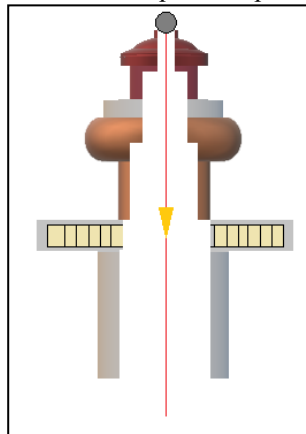
Figura 57- Anel com escala milimetrada



Fonte: Arquivo pessoal do autor, 2021.

Reunidas todas as peças e procedendo com a montagem, obtemos a estrutura final tal como ilustrada na figura a seguir:

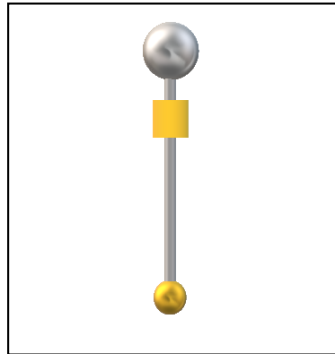
Figura 58- Estrutura superior depois de pronta



Fonte: Arquivo pessoal do autor, 2021.

Para finalizar, procedemos com a elaboração da estrutura para eletrização da esfera que está inserida na haste girante. Essa estrutura é constituída de uma haste metálica possui duas esferas em suas extremidades e ficará posicionada na vertical. Na extremidade inferior temos uma esfera com raio igual ao da esfera metálica presente na haste girante. Na extremidade superior temos uma esfera idêntica à esfera que foi usada na elaboração da garrafa de Leyden. Essa haste deverá ser inserida no orifício que próximo a borda da tampa e serve de suporte para o tubo de vidro. Temos a representação dessa estrutura sendo mostrada abaixo.

Figura 59- Haste metálica



Fonte: Arquivo pessoal do autor, 2021.

Com a elaboração desta última peça finalizamos a construção de nossa réplica da balança de torção de Coulomb. Uma observação que deve ser feita é que na balança proposta por Coulomb temos uma escala que mede a torção no fio e outra escala que mede o ângulo formado devido ao movimento da esfera que está acoplada na haste girante. Essa escala deve ser fixada no recipiente que contém a esfera girante e deve estar na mesma altura dessa esfera. As figuras abaixo trazem nossa réplica com todos os detalhes. É possível perceber que a peça superior da balança e outras peças que a compõem foram pintadas com uma tinta dourada para aumentar a semelhança com a balança original.

Figura 60- Réplica da balança



Fonte: Arquivo pessoal do autor, 2021.

Figura 61- estrutura inferior



Fonte: Arquivo pessoal do autor, 2021.

Depois de elaborados os experimentos o próximo passo deve ser a construção da caixa que irá conter os experimentos. A caixa que elaboramos possui 80 centímetros de altura, 70 centímetros de comprimento e 20 centímetros de largura. Os materiais que usamos na confecção da caixa foram folhas de MDF e tábuas retiradas de móveis velhos. Usamos quatro dobradiças e um pequeno ferrolho para elaborar as duas portas. Não é necessário que essas especificações sejam seguidas, pois serão as dimensões dos experimentos que irão determinar o tamanho da caixa. A forma como os experimentos devem ser organizados dentro da caixa

deve ser a critério do professor ou do aluno que está elaborando o laboratório portátil. Para evitar danos com relação ao transporte do laboratório é interessante revestir os suportes dos experimentos com isopor ou EVA, pois isso pode evitar a quebra das partes mais delicadas dos instrumentos. Na imagem a seguir temos vários experimentos que foram construídos com materiais de baixo custo, bem como a caixa que irá conter os experimentos.

Figura 62- Laboratório portátil para o ensino da eletrostática



Fonte: Arquivo pessoal do autor, 2021.

Como podemos ver, é possível construir um laboratório didático com materiais que podem ser adquiridos com relativa facilidade e que usando determinadas habilidades podem se transformar em um rico instrumento que poderá ou não contribuir com a aprendizagem de muitos estudantes.

Em muitas demonstrações envolvendo os instrumentos elaborados acima, em aulas e feiras de ciências, foi possível perceber que os momentos de maior atenção por parte dos estudantes foram aqueles nas quais se estava demonstrando um determinado fenômeno, e nos dias atuais a atenção dos estudantes é uma das coisas mais difíceis de serem conquistadas pelo professor da Educação Básica. Esse nível de educação lida com pessoas que são influenciadas por muitos fatores, fatores esses que muitas vezes parecem ser mais agradáveis do que aquilo que está sendo exposto em uma sala de aula por um professor.

Então as atividades experimentais possuem esse “poder” de atrair os estudantes em direção ao conhecimento científico. E o professor de física é um “sortudo” nesse sentido, pois muitos fenômenos físicos relacionados ao conhecimento que ele apresenta podem ser exemplificados por meio desses instrumentos.

Tal argumento exposto anteriormente pode ser corroborado por Oliveira (2018, p. 14) ao afirmar que:

Podemos observar a grande falta de interesse por parte dos alunos em estudar física envolvendo apenas fórmulas matemáticas, podemos ir mais além dessa falta de interesse, observamos, a partir de relatos, uma certa resistência em aprender

conteúdos que não envolvam trabalhos práticos devido à falta de incentivo experimental.

Ao usar a citação acima não estamos desprezando o papel da matemática no Ensino da Física, pois ela é uma ferramenta essencial na descrição de muitos fenômenos. O que estamos querendo dizer é que deve existir um equilíbrio entre as formas de se abordar um determinado conteúdo. Muitos professores dão ênfase demais à matemática e esquecem que podem usar da experimentação para uma melhor descrição daquilo que ele pretende abordar em aula.

Outro ponto importante que deve ser destacado é o fato de que o professor pode usar de várias formas de apresentação para demonstrar o material que ele produziu. Ele pode até mesmo pedir para os estudantes a reprodução de materiais que ele produziu. Como isso ele pode solicitar apresentações por partes dos estudantes, e isso poderá dar mais incentivo no sentido ao trabalho dos alunos na sala de aula. A forma como o professor pode fazer o uso dos materiais em sala de aula pode assumir algumas características específicas como as que são apresentadas por Oliveira e Soares (2010) em seu trabalho. Na tabela abaixo podemos ver como eles apresentam classificações para o modo como o professor pode inserir a experimentação em sala.

Tabela 7- Formas de atividades experimentais em sala de aula

Atividade de experimentação	Descrição
Demonstrativa	O professor é o experimentador, sujeito principal. Cabe ao aluno a atenção e o conhecimento do material utilizado. O aluno observa, anota e classifica.
Ilustrativa	É realizada pelo aluno que manipula todo o material sob a direção do professor. Serve para comprovar ou re/descobrir leis.
Descritiva	É realizada pelo aluno sob a observação ou não do professor. O aluno entra em contato com o fenômeno.
Investigativa	É realizada pelo aluno, que discute idéias, elabora hipóteses e usa da experimentação para compreender os fenômenos que ocorrem. A participação do professor é dada na mediação do conhecimento.

Fonte: arquivo pessoal do autor, 2021.

Foi pensado nos aspectos positivos relacionados ao desenvolvimento das atividades experimentais no âmbito da educação que resolvemos elaborar esse trabalho com o intuito de mostrar ao professor como ele pode construir um material que seja durável e que ao mesmo tempo seja de fácil manuseio. É possível dizer também que existe um sentido mais profundo no desenvolvimento do laboratório e de qualquer outra atividade que realmente contribua para educação dos jovens, pois ao trazer para a sala de aula materiais como os que foram mostrados anteriormente, o professor estará mostrando para seus alunos que existe um amor verdadeiro pelo conhecimento que ele está transmitindo e que por isso vale a pena sacrificar um tempo para a elaboração dos materiais descritos neste trabalho. Esse esforço feito pelo professor poderá ser notado principalmente por estudantes que frequentam escolas com poucos recursos em termos de laboratórios.

CONCLUSÃO

Com este trabalho pretendeu-se entender como o professor da Educação Básica pode elaborar um material didático que torne o seu trabalho mais eficiente e atraente em termos de exposição de conteúdos relacionados a fenômenos da eletrostática. A elaboração do material descrito nos últimos capítulos foi baseada numa pesquisa que fizemos nos principais livros didáticos de física usados no Brasil e em artigos que descrevem a forma como foram elaborados experimentos científicos propostos por personagens importantes para a ciência. Com essa pesquisa pudemos ver quais os principais experimentos que estão presentes nos tópicos dos livros didáticos que abordam os fenômenos da eletrostática.

A partir da leitura do presente trabalho o leitor é apresentado a vários pontos importantes que estão relacionados com o objetivo geral do trabalho. Procuramos assim compreender alguns aspectos relacionados ao ensino da física, as dificuldades relacionadas ao desenvolvimento de atividades experimentais na educação básica, os materiais que devem ser usados na elaboração de cada experimento proposto, a importância da história da ciência no desenvolvimento das atividades experimentais e a relevância do desenvolvimento de réplicas de experimentos históricos.

Vemos então que este trabalho apresenta relevância para o Ensino de Física, pois quando nos inserimos na realidade da Educação Básica percebemos que ensinar física pode muitas vezes se tornar um verdadeiro desafio. O professor muitas vezes necessita de materiais

para realizar muitas demonstrações importantes quando ele procura aproximar o conhecimento teórico com a realidade. Pela falta de materiais disponíveis na escola, a tendência é o uso de simulações virtuais para demonstrações experimentais.

A relevância desse trabalho também se traduz no fato de que o professor de física lida na sua maioria com crianças e adolescentes que tem como característica marcante a curiosidade em querer entender muitos aspectos da realidade que as cercam. Com a rediscussão de experimentos históricos e com o uso de materiais de baixo custo o professor pode usar essa curiosidade a seu favor, promovendo um maior interesse dos estudantes pelo conhecimento que a ciência tem a nos oferecer.

O nosso trabalho procurou atingir aulas destinadas ao ensino de eletrostática. Mas essa proposta é apenas o início de um projeto maior que procuraremos desenvolver em todas as áreas que fazem parte do currículo de física. Num futuro não muito distante procuraremos desenvolver laboratórios portáteis acessíveis que contemplem o ensino de mecânica, termodinâmica, óptica, ótica, eletromagnetismo, etc. Em paralelo com a construção do laboratório portátil procuraremos desenvolver réplicas de experimentos históricos que serão úteis nas discussões envolvendo a história da ciência. Pretendemos entender por meio de questionários a relevância desses experimentos para os professores que terão contato com o material e a importância que terá na vida dos estudantes.

Um aspecto importante que deve ser destacado a respeito deste trabalho é que ele pode parecer uma proposta simplista e superficial, e talvez seja mesmo. Entretanto, é preciso ressaltar que o que parece simplista para o mundo acadêmico muitas vezes não é tão simples para um aluno do ensino fundamental e médio, ainda mais no contexto de uma dificuldade educacional na qual estamos inseridos.

Assim sendo, por mais repetitivo que possa ser a sugestão de um trabalho experimental em sala de aula, faz-se necessário repetir uma vez mais, pois o que é de bom senso tem que ser repetido mesmo. Parece bastante razoável chegar a essa conclusão, pois por mais emocional que pareça tal argumentação, é absolutamente motivador para um professor quando se depara com a demonstração de interesse por parte dos estudantes quando se apresenta os conceitos de maneira significativa e consonante com a curiosidade natural dos estudantes.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Na sociedade de hoje as pessoas estão cada vez mais distantes da realidade, mas esse distanciamento se deve não pelo fato de terem uma aversão a realidade em que elas estão inseridas. Elas estão distantes no sentido de não saberem como as coisas que elas desfrutam surgem.

A maioria das pessoas faz o uso de tecnologias que facilitam suas vidas, mas são incapazes de descrever princípios básicos que levaram ao desenvolvimento de um simples motor elétrico, muito menos os personagens envolvidos em tal desenvolvimento. Não estamos querendo dizer que o Ensino da Física tenha como única finalidade a explicação para o funcionamento de determinado equipamento tecnológico, mas abordar a física fazendo o uso de atividades experimentais é de extrema importância, permitindo destacar para os estudantes e futuros cidadãos de forma mais aproximada os processos que levam ao desenvolvimento da ciência e da tecnologia.

Toda a tecnologia que usamos atualmente surgiu devido a trabalhos que envolveram o desenvolvimento de alguma atividade experimental por parte de um pesquisador ou grupos de pessoas. Esses estudos ficam mais evidentes quando nos debruçamos sobre conteúdos relacionados ao estudo da eletrostática.

Nesses estudos podemos observar o modo como foram desenvolvidos aparatos que de certa forma ajudaram na melhoria da qualidade de vida da humanidade. Portanto, o desenvolvimento do laboratório portátil permitirá também ao professor e aos seus alunos a observação da intenção original dos cientistas e filósofos responsáveis pelas investigações empreendidas na construção das explicações científicas para o mundo que está a nossa volta.

REFERÊNCIAS

- BASSALO, J. M. F. Nascimentos da Física (3500 a.C.-1900 a.D.). Belém: EDUFPA, 1996.
- Charlot, Bernard - Da relação com o saber às práticas educativas / Bernard Charlot. – 1. Ed. – São Paulo: Cortez, 2014.
- LOPES, J. Bernardino. Aprender e ensinar física. Lisboa: Fundação Calouste Gulbenkian, 2004.
- M. R. Robilotta - O cinza, o branco e o preto – da relevância da história da ciência no ensino da física Instituto de Física – USP São Paulo – SP
- WANDERLEY, L. E. Parâmetros sociológicos da inovação. In: GARCIA, W. E. Inovação Educacional no Brasil: problemas e perspectivas. São Paulo, Cortez Editora, 1995.
- OLIVEIRA, H. S. S., 1990 - Propostas de atividades experimentais de eletrostática e eletromagnetismo de baixo custo para o ensino médio/ Hemila Suelem Souza de Oliveira. 105 f.: il.; 30 cm. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal do Acre, Programa de Pós – Graduação de Mestrado Profissional de Ensino de Física (MNPEF). Rio Branco, 2018.
- JARDIM, W. T.; GUERRA, A. Experimentos históricos e o ensino de física: agregando reflexões a partir da revisão bibliográfica da área e da história cultural da ciência. *Investigações em Ensino de Ciências – V22 (3)*, pp. 244-263, 2017.
- ASSIS, André Koch Torres. Os fundamentos experimentais e históricos da eletricidade / Andre Koch Torres Assis. - São Paulo: Editora Livraria da Física, 2011.
- OLIVEIRA, Noé de, SOARES, Marlon H. F. B. As atividades de experimentação investigativa em ciência na sala de aula de escolas de ensino médio e suas interações com o lúdico. XV Encontro Nacional de Ensino de Química (XV ENEQ) – Brasília, DF, Brasil – 21 a 24 de julho de 2010.
- FEYNMAN, Richard P. Lições de Física de Feynman: a edição do novo milênio/ Richard P. Feynman, Robert B. Leighton, Matthew Sands; tradução: Adriana Válio Roque da Silva... [et al] ; revisão técnica: Adalberto Fazzio. –Porto Alegre: Bookman, 2019. 3v. (x, 574 p.; x, 606 p.; x, 406 p.) il. ; 28 cm.
- BOSS, Sérgio Luiz Bragatto. Stephen Gray e a descoberta dos condutores e isolantes: tradução comentada de seus artigos sobre eletricidade e reprodução de seus principais

experimentos/ Sérgio Luiz Bragato Boss, André Koch Torres de Assis, João José Caluzi. São Paulo: Cultura Acadêmica, 2012. 464p.

SOUZA, Aroldo Quinto. Nikola Tesla e os estudos do Raio X: Releitura de uma história quase apagada/ Aroldo Quinto Souza. São Paulo, 2016. Ix, p. 136.

FILHO, R. L. B.; PEREIRA, R. S. P.; MAIA, E. M. Parâmetros Curriculares Nacionais: Ensino Médio.

LUZ, Antônio Máximo Ribeiro da. Física: volume 3 / Antônio Máximo Ribeiro da Luz, Beatriz Alvarenga Álvares. – São Paulo: Scipione, 2000.

PISA 2018 REVELA BAIXO DESEMPENHO ESCOLAR EM LEITURA, MATEMÁTICA E CIÊNCIAS. Ministério da educação, 2019. Página inicial. Disponível em: <http://portal.mec.gov.br/busca-geral/211-noticias/218175739/83191-pisa-2018-revela-baixo-desempenho-escolar-em-leitura-matematica-e-ciencias-no-brasil>. Acesso em: 18 de mar. de 2022.

SILVA, Maxwelton Ferreira de; MONTEIRO, Maria Amélia. Abordagens imagético-verbais relacionadas à balança elétrica de Coulomb em livros didáticos de Física / DOI: <http://dx.doi.org/10.5007/2175-7941.2015v32n2p320>.