

Trabalho de Conclusão de Curso

Curso de Graduação em Física

Biblioteca de Instrumentos e o Ensino de Física:
experimentos e jogos didáticos como possibilidade educativa.

Walma Cristiana Velozo Ferrante.

Prof. Dr. Eugenio Maria de França Ramos.

Rio Claro (SP)

2019

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
Instituto de Geociências e Ciências Exatas
Campus de Rio Claro

WALMA CRISTIANA VELOZO FERRANTE

BIBLIOTECA DE INSTRUMENTOS E O ENSINO DE FÍSICA:
EXPERIMENTOS E JOGOS DIDÁTICOS COMO
POSSIBILIDADE EDUCATIVA.

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Instituto de Geociências e Ciências Exatas - Campus de Rio Claro, da Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, para obtenção do grau de Licenciado em Física.

F373b Ferrante, Walma Cristiana Velozo
Biblioteca de Instrumento e o Ensino de Física : experimentos e jogos didáticos como possibilidade educativa / Walma Cristiana Velozo Ferrante. -- Rio Claro, 2019
74 p. : il., tabs., fotos + 1 CD-ROM

Trabalho de conclusão de curso (Licenciatura - Física) - Universidade Estadual Paulista (Unesp), Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Rio Claro
Orientador: Eugenio Maria de França Ramos

1. biblioteca de instrumentos. 2. formação de professores. 3. ensino de física. 4. experimentos didáticos. 5. jogos didáticos. I. Título.

Sistema de geração automática de fichas catalográficas da Unesp. Biblioteca do Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Rio Claro. Dados fornecidos pelo autor(a).

Essa ficha não pode ser modificada.

WALMA CRISTIANA VELOZO FERRANTE

BIBLIOTECA DE INSTRUMENTOS E O ENSINO DE FÍSICA:
EXPERIMENTOS E JOGOS DIDÁTICOS COMO
POSSIBILIDADE EDUCATIVA.

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Instituto de Geociências e Ciências Exatas - Campus de Rio Claro, da Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, para obtenção do grau de Licenciado em Física.

Comissão Examinadora

Prof. Dr. Eugenio Maria de França Ramos

Profa. Dra. Bernadete Benetti

Prof. Dr. José Dirceu Vollet Filho

Rio Claro, ____ de _____ de 2019.

Assinatura do(a) aluno(a)

Assinatura do(a) orientador(a)

*Dedico este trabalho aos meus pais
Roberto Ferrante e Marta Alves Velozo
Ferrante por tudo o que concederam a
mim e o que as minhas singelas palavras
não conseguem descrever.*

AGRADECIMENTOS

Este agradecimento tem características semelhantes a outros. Evidentemente, aquele que não está neste círculo ou no meio de interação, não verá além de palavras que expõem, em um certo grau, o indivíduo que agradece, como também vícios de expressões contidas na maioria dos agradecimentos.

Apesar disto, a pessoa que agradece de coração sempre observa além de simplórias palavras, ela observa o que sente com relação a o que passou com aqueles que a tornaram melhor de algum jeito.

Sendo assim, creio que o meu melhor sempre brota quando tenho em mente minha família, que durante minha graduação estava à uns 800 km e mesmo assim me influenciava e apoiava. Estavam sempre me ajudando nos momentos mais difíceis, como quando precisava de acompanhamento no médico, buscar um lugar tranquilo para morar, averiguar se eu estava bem alimentada ou se não estava sofrendo demais com aquela grande amiga, Ana, que se foi.

Obrigada, Mãe e Pai, por me permitirem realizar esta aventura em Rio Claro mesmo sabendo que ficariam com preocupações. E por confiarem em mim!

Confesso que em minha memória está aquela primeira vez que me despedi daqueles que ficariam em casa tio Marcelo, Marcelito, Júlia, Flávia, Amanda, Gabriel, enquanto meus pais me levariam para Rio Claro, parecia que nunca mais iríamos nos ver. E ainda bem que não foi assim.

Agora, nada se compara a sensação de ver meus pais indo embora e me deixando em um lugar que eu conhecia somente o nome.

Depois de me perder muito no novo ambiente, encontrei ou me encontraram pessoas que me deixavam feliz. São elas aquelas que conseguiam me aturar por um tempo, me ensinar algo sobre Física, Educação e a Vida.

Àqueles que conheci em Rio Claro e que conviveram comigo agradeço por compartilhar o tempo de vocês com a minha pessoa. Desejo que meus amigos se sintam enunciados aqui, tanto os que conheci em Rio Claro, tanto os de Rio Verde.

Claro que existem pessoas que compartilhamos mais a vida e os ensinamentos, assim, Ricardo Brandolt Júnior obrigada por ser uma pessoa tão chata como eu e aceitar discutir sobre o que dava na telha ou no chão.

Agradeço a todos os professores do curso de Física, pois são vidas que influenciaram a minha. É claro, que os técnicos do departamento têm um lugar especial em minha memória, são salva-vidas.

Aos funcionários da biblioteca que sempre foram eficientes e cordeais, agradeço. Como também, ao coral Uirapuru que levantava meus ânimos no meio das semanas.

Agradeço ao meu orientador Dr. Eugenio Maria por me proporcionar meios de aprendizagem que eu tanto gosto. Além de ser um grande motivador em meus progressos.

Agradeço à coordenadora Beth e professora Denise por permitirem a realização deste trabalho. Como também ao Natan, por todos os salvamentos, Renger e o Caue por aqueles dias que tiramos fotos, organizamos a BID e trocamos ideias.

Agradeço aos alunos de PEES 1 e 2 por colaborarem com este trabalho. Além disto, às instalações do LaPEMID e a aqueles que me permitiam estar no nele.

“Que ninguém se engane, só se consegue simplicidade depois de muito trabalho”. Clarice Lispector

RESUMO

Muito tem se visto e há um longo tempo que o Ensino experimental de Física é eficiente para se promover aprendizagens, todavia a inexistência deste Ensino é comum nas escolas. E por conta disto, neste estudo disponibilizamos instrumentos didáticos em dois contextos (formação de professores e em uma sala de ensino fundamental dos anos iniciais) a fim de investigar a utilização de experimentos na área do Ensino de Física. Neste trabalho estudamos experimentos didáticos para o Ensino de Física, como apoio a atividades na Educação Básica e na formação de professores. Analisamos neste estudo experiências educacionais anteriores como a biblioteca de instrumentos de baixo custo proposta por Norberto Cardoso Ferreira (1978) e o projeto “*Os Cientistas*”, realizado pela FUNBEC em colaboração com a Editora Abril. O trabalho envolveu uma atividade de intervenção, que teve como intuito implementar uma pequena (BID) biblioteca de instrumentos didáticos no âmbito do (LaPEMID CEAPLA IGCE – UNESP) Laboratório de Prática de Ensino, Materiais e Instrumentação Didática. Tais materiais ficaram disponíveis em atividades de formação de professores, particularmente aos estudantes da disciplina Prática de Ensino e Estágio Supervisionado da Licenciatura em Física na UNESP, Campus de Rio Claro, bem como em uma intervenção educacional em uma turma de uma escola de Ensino Fundamental da cidade de Rio Claro (SP). Discutimos no trabalho a elaboração da BID que possui experimentos e jogos, bem como a funcionalidade e as implicações para as atividades educacionais nos níveis analisados. E conforme constatações, percebeu-se a viabilidade da BID devido seu auxílio na formação dos futuros professores e mostrar aspectos positivos no trabalho diretamente com estudantes da Educação Básica.

Palavras-chave: biblioteca de instrumentos, jogos, experimentos didáticos, materiais de baixo custo, ensino de física, formação de professores.

Abstract

It has long been seen, and for a long time, that teaching experimental physics has been effective in promoting acquisitions, but the lack of such teaching is habitual in schools. And because of this, in this study we provide didactic instruments in two contexts (teacher training and in an elementary school room of the early years) in order to investigate the use of experiments in the area of Physics Education. In this thesis we study didactic experiments for Physics teaching, as support to activities in Basic Education and Teacher Education. In this study we analyzed previous educational experiences such as the low-cost instrument library proposed by Norberto Cardoso Ferreira (1978) and the Scientists project (*Os Cientistas*), carried out by FUNBEC in collaboration with publishing company Abril. The study involved an intervention activity, which aimed to implement a small (LDI) library of didactic instruments within the (LaPEMID CEAPLA IGCE-UNESP) Teaching Practice Materials and Instrumentation Laboratory. Such materials became available in teacher training activities, particularly for students of the Teaching Practice and Supervised Internship at UNESP, Rio Claro Campus, as well as in an educational intervention in a class of a Elementary School (initial series) of the city of Rio Claro (SP). We discuss the structure and organization of prototypes (experiments and games) an LDI as well as the functionality and implications for educational activities at the investigated levels. It was possible to the viability of the LDI, showing positive aspects for teacher training and working directly with students of Basic Education.

Keywords: instrument library, games, didactic experiments, low cost materials, physics teaching, teacher education.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – O manual era desenvolvido para o estudo independente, com perguntas e respostas, utilizando uma “máscara vermelha” para revelar as informações. No manual, à esquerda, a região em vermelho é ilegível e com uso de uma “máscara” (à direita) é possível ler a resposta.....	24
Figura 2 – Representação do campo elétrico da carga positiva (i) e da carga negativa (ii).....	45
Figura 3 – Representação vetorial da força elétrica para cargas de naturezas iguais (de mesmo sinal) e diferentes (sinais opostos)	46
Figura 4 – Representação da superfície de Gauss em uma esfera com carga q (i) e em outra esfera com carga nula (ii).....	47
Figura 5 – Representação do campo elétrico de um dipolo dentro de uma caixa (a) e de um corpo neutro (b).....	49
Figura 6 – Indução elétrica e o fenômeno macroscópico.....	50
Figura 7 – Representação simbólica das cargas elétricas na superfície do eletroscópio e do canudo quando há (esquerda) indução elétrica e o (direita) processo de eletrização por contato.....	52
Figura 8 – Representação simbólica das cargas elétricas após a eletrização por contato.....	53
<i>Figura 9 – Comportamento das cargas na influência de campo elétrica de cargas positivas</i>	<i>54</i>
Figura 10 – Aproximação do canudo eletrostático, eletrizado por atrito, do prato do eletroscópio eletrizado por indução.....	56
Figura 11 – Representação das cargas em um condutor carregado próximo de um indutor com campo elétrico muito intenso.....	57
Figura 12 – Representação das cargas na gaiola de Faraday eletricamente carregada.....	60
Figura 13 – Igrejinha eletrostática (esquerda) neutra e (direita) induzida.....	61

LISTA DE FOTOS

Foto 1 – Itens contidos no kit do cientista Arquimedes, sendo em (a) o aparato experimental, em (b) um manual com fundamentação teórica e descrição de como realizar a experiência e em (c) um livro-texto relatando sobre a vida do cientista.....	23
Foto 2: Aspecto externo de um kit.....	23
Foto 3 - BID no começo do ano de 2019 em momentos iniciais da organização.....	31
Foto 4 - BID no momento em que se iniciou o processo de identificação com etiquetas.....	32
Foto 5 - BID com os jogos e experimentos que os alunos de prática de Ensino e Estágio Supervisionado contribuíram.....	33
Foto 6 - Kit da Biblioteca de Instrumentos Didáticos que contém uma bússola (1), um indutor (2) e um ímã (3)	34
Foto 7 - Instrumentos construídos por alunos de Prática de Ensino e Estágio Supervisionado.....	37
Foto 8 - Comparação entre instrumentos usado (a) e não utilizado (b).....	42
Foto 9 - Mostra-se o eletroscópio após passar a extensão do canudo de plástico eletricamente carregado no prato do aparato.....	51
Foto 10 – Gaiola de Faraday segundo a proposta de Ferreira.....	59
Foto 11 - Gaiola de Faraday eletrizada.....	59

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Relação dos Instrumentos Didáticos da Biblioteca situada no LaPEMID.....	36
Tabela 2 – Relações dos instrumentos didáticos emprestados e aqueles que foram utilizados pelos alunos do ensino fundamental.....	40
Tabela 3 – Aspectos de cada aparato experimental.....	41

LISTA DE ABREVIATURAS

BE Biblioteca de Experimentos

BID Biblioteca de Instrumentos Didáticos

LaPEMID Laboratório de Prática de Ensino, Materiais e Instrumentação Didática

FUNBEC Fundação Brasileira para o Desenvolvimento do Ensino de Ciências.

PEES Prática de Ensino e Estágio Supervisionado

PSSC *Physical Science Study Committee*

IBECC Instituto Brasileiro de Educação, Ciência e Cultura.

UNESCO Organização das Nações Unidas para a Educação, a Ciência e a Cultura.

Sumário

1. INTRODUÇÃO	15
2. OBJETIVOS	17
3. METODOLOGIA.....	17
4. REFERENCIAL TEÓRICO	19
4.1 Primórdios de uma Biblioteca de Experimentos	19
4.2 Uma proposta brasileira: a Biblioteca de Instrumentos segundo Ferreira.....	19
4.3 Tipos de abordagem de laboratórios didáticos	21
4.4 Outra proposta para uma Biblioteca de Experimentos: o Projeto de Ensino de Ciências “Os Cientistas”	22
5. <i>BID – A Biblioteca de Instrumentos Didáticos</i>	26
5.1 BID na Escola: a Circulação da Biblioteca de Instrumentos	27
6. <i>A BID EM FUNCIONAMENTO</i>	30
6.1 Porque <i>Instrumentos</i> e não <i>Experimentos</i>	30
6.2 A Utilização da BID Pelos Futuros Professores.....	37
6.3 A circulação da BID.....	39
6.4 Eletroscópio em foco.....	45
7. <i>CONSIDERAÇÕES FINAIS</i>	62
<i>REFERÊNCIAS</i>	65
<i>ANEXO – Roteiro de Estudo do Eletroscópio de Folha</i>	67

1. INTRODUÇÃO

No contexto da Guerra Fria [...] “a tecnologia e ciência emergiam como forma de empoderamento das nações e medida de força entre os polos dispostos no ambiente internacional”. (GOMES; DUARTE, 2017: 4). Neste momento o conhecimento científico era o que poderia tornar possível a viagem do homem a outras regiões do universo.

Sobre isto, é concebível que para o desenvolvimento tecnológico, a longo prazo, é fundamental a melhoria do ensino científico nos anos iniciais. E para a inserção destes indivíduos na ciência é necessário que se tenham gosto por ela.

Muito investimento em prol da melhoria do Ensino de Ciências ocorreu. Um dos programas para esta melhoria, na época descrita, que influenciou o Brasil foi o PSSC, originado nos Estados Unidos da América por renomados cientistas.

Ele possui o intuito de motivar e envolver o estudante nos caminhos da ciência, isto acontece no trecho seguinte: [...] “novas partes serão iniciadas e completadas por homens e mulheres de sua geração, possivelmente por você e seus colegas” (PSSC,1964: 16).

Os instrumentos do PSSC são materiais de laboratório (simples e econômicos), vídeos, guia de laboratório, livro-texto, guia para professor, testes e literatura complementar (PSSC,1964: 16).

Iniciativas no Brasil compreenderam seus próprios projetos para a educação científica, o primeiro foi chamado de “O Projeto Piloto” (Gallo, H; Mendes, J.; Teruco, M; Belizário, R., 19?), o qual algumas características semelhantes ao PSSC, como o guia e instrumentos de laboratório.

Outros projetos de ensino foram desenvolvidos no Brasil nas décadas seguintes, alguns deles com materiais experimentais, como o FAI (Física Auto Instrutiva), GREF (Grupo de Reelaboração do Ensino de Física), PEF (Projeto de Ensino de Física).

Outro projeto de ensino brasileiro, já na década de 1970, foi a coleção “Os Cientistas”, construído devido à colaboração entre o conselho de Ensino de Ciências, à FUNBEC e a Editora Abril.

A coleção “Os cientistas” era vendida em bancas de Jornais em formatos de *kits*, os quais permitiam a aprendizagem conforme as experiências guiadas por

roteiros. Além de que também continham um folheto dissertando sobre o cientista responsável pela experiência abordada no kit.

Apesar de ser consensual entre os professores de Física que o uso de atividades práticas proporciona aprendizado (Gaspar, 2014) e, mesmo com tal histórico de projetos, o Ensino Experimental pouco é visto na docência daqueles que são novos e experientes na área de Ensino de Física.

Além disto, a prática docente muitas das vezes tem desconstruído o entendimento da natureza da ciência¹.

Uma alternativa para esta problemática foi sugerida por Ferreira em 1978, a qual é a utilização de uma BID (biblioteca de instrumentos didáticos) que é constituída de *kits* didáticos que são uma composição experimental feita de materiais de baixo custo.

Para a obtenção desta biblioteca foram feitos compartilhamentos de experimentos produzidos pelos estudantes, podendo ser uma releitura de um experimento (um aparato revisado, com melhorias no instrumento visando a eficiência de entendimentos físicos em sua utilização²) ou um novo material didático (Ferreira, 1978).

Os potenciais usuários da biblioteca eram tanto aqueles que construíram os instrumentos, como também alunos de outros anos e outros turnos da Escola Estadual Alberto Levy da cidade de São Paulo (FERREIRA, 1978).

Desta maneira, os alunos tinham aulas experimentais que iam desde montar o instrumento a até sugerir novas montagens, promovendo melhorias didáticas nos *kits*.

Neste trabalho focalizamos nosso interesse nas ideias de Ferreira, considerando particularmente uma Biblioteca de Instrumentos, que neste trabalho chamaremos de BID, no contexto de formação de professores de Física para o ensino básico, dispondo-a no LaPEMID (Laboratório de Prática de Ensino, Materiais e Instrumentação Didática), onde acontecem as aulas teóricas das disciplinas de

-
- 1 Allan Chalmers dispõe - em seus livros *A fabricação da Ciência* e *O que é Ciência afinal?* - a relação do desenvolvimento epistemológico da Ciência, alicerçada no método científico. Sobre isto, Köche (1997) expressa que existem diversas formas de se fazer ciência tanto quanto existem pesquisadores. É válido ressaltar os principais métodos científicos aos educandos para que compreendam que a criatividade e os próprios interesses estão vinculados à contribuição da ciência. Sendo esta uma criação humana e que ainda está em desenvolvimento.
 - 2 Para esta melhoria no aparato o estudante necessita pesquisar sobre a física com o intuito de se fazer alterações.

Prática de Ensino e Estágio Supervisionado 1 e 2, da Licenciatura em Física da UNESP em Rio Claro (SP).

Também consideramos a possibilidade de levar uma pequena BID numa escola, procurando estudar como seria possível sua utilização no âmbito do ensino fundamental, apresentando experiências que os nossos instrumentos didáticos poderiam oferecer, com materiais baixo custo (materiais acessíveis por serem utilizados no dia-a-dia).

Além de uma breve discussão teórica acerca da Biblioteca de Instrumentos, relatamos os trabalhos realizados, apresentando a forma que elaboramos a BID no LaPEMID, as alterações na BID para facilitar a locomoção até a escola, e, por fim, um breve relato de como a existência deste acervo influenciou nos dois meios, que seria na formação de professores para o Ensino Básico e em uma turma de Ensino Fundamental.

2. OBJETIVOS

Com este trabalho procuramos:

1. Elaborar, organizar uma biblioteca de instrumentos, tomando por base o acervo existente no LaPEMID;
 - Identificar se existe utilização e de qual forma da BID no âmbito das disciplinas de Prática de Ensino e Estágio Supervisionado 1 e 2 do curso de Licenciatura em Física da UNESP (Universidade Estadual Paulista) no Campus de Rio Claro (SP),
2. Discutir a influência da BID na formação docente
3. Incluir a BID em uma sala de Ensino Fundamental Um
4. Analisar o interesse dos estudantes pelos experimentos e a possibilidade da utilização da BID pelos alunos do ensino fundamental, numa BID em sala de aula.

3. METODOLOGIA

A pesquisa se enquadra nas metodologias *qualitativa, exploratória e de campo, pois conforme* (GONSALVES, 2007), a metodologia qualitativa está vinculada com a natureza dos resultados, a exploratória é relativo à uma pesquisa de base, a qual se

tem poucas informações acerca de determinado fenômeno e a metodologia de campo define a pesquisa que necessita buscar os dados no mesmo lugar em que se está o objeto ou a população de estudo.

Durante todas as obtenções de dados fizemos três registros, sendo o registro no caderno de campo (acerca das observações), o registro fotográfico do desenvolvimento da BID durante o ano e o registro acerca dos empréstimos dos instrumentos da BID, este registro consistia no usuário da BID tirar foto do instrumento e publicar na rede social de PEES 1 ou 2.

Para o caso da amostragem direta³ da BID aos alunos do ensino fundamental, investigamos sobre a utilização do material por meio do conhecimento de como é o arranjo ou configuração do aparato após se realizar as experiências, assim, se o instrumento que fora emprestado estiver em determinadas condições⁴, significa que além de emprestado há indícios de realização da experiência.

A seguir se apresenta alguns motivos que fazem esta pesquisa se enquadrar em diferentes abordagens metodológicas da pesquisa:

- **Qualitativa:** a natureza dos nossos dados é interpretativa nos contextos já mencionados.
- **Exploratória:** A BID não é uma ideia nossa, entretanto o que estamos pesquisando com ela a faz ser de base devido inserirmos uma BID no contexto de formação de professores do Ensino Básico e ainda avaliarmos os alunos do Ensino Fundamental 1 com respeito à utilização da BID.
- **De campo** devido a nossa necessidade de se estar no mesmo ambiente em que o objeto de estudo, sendo eles a BID, os alunos de PEES durante as aulas no LaPEMID, os alunos do Ensino Fundamental 1 e o material devolvido destes últimos alunos.

3 Ato de levar parte da BID ou alguns instrumentos didáticos, sem a intervenção de terceiros, como por exemplo os estudantes de PEES.

4 Estas condições serão apresentadas nos resultados e discussões.

4. REFERENCIAL TEÓRICO

4.1 Primórdios de uma Biblioteca de Experimentos

Já no ano de 1956 há relato de uma como proposta educacional dos professores e cientistas Malcom e Oppenheimer (MALCOM; OPPENHEIMER, 1964), na Universidade do Colorado, de uma biblioteca que, ao invés de livros, expõe experimentos.

As aulas experimentais na Universidade do Colorado eram do tipo cátedra, e por conta disto, Malcom e Oppenheimer criaram a BE para proporcionar aos estudantes a possibilidade de realizarem experiências de maneira autônoma ou guiada por um supervisor.

Os primeiros aparatos experimentais que disponibilizaram na BE eram os que estavam em desuso no curso de Física, entretanto posteriormente colocaram instrumentos mais tecnológicos.

Os experimentos mais utilizados ficavam montados e sobre mesas circulantes e os outros eram colocados em prateleiras.

A prática experimental poderia ser a pedido de um professor ou por própria intenção do aluno. No caso de o professor propor a atividade experimental, poderia o estudante realizar a prática fora do horário da disciplina. Assim, bastava o estudante visitar a sala e realizar a experiência.

Havia um técnico que auxiliava os usuários da BE caso houvessem dúvidas acerca do procedimento experimental ou relativo a montagem do experimento.

4.2 Uma proposta brasileira: a Biblioteca de Instrumentos segundo Ferreira

Em sua pesquisa Ferreira (1978) na década de 1970 discorre sobre a situação da experimentação no Ensino de Física e destaca, para os melhores casos, que quando há o laboratório, este é predominantemente tradicional, cujo objetivo de aprendizagem é pautado na produção de um relatório que não ausente os cálculos dos erros. Com este modelo, é simples para o professor definir se o aluno é bom ou não (bom é aquele que calcula). Além disto, na maioria das situações o aluno já sabe o valor que o experimento produzirá, assim, o discente manipula o experimento ou altera os resultados para obter melhores notas nos relatórios por conta da exatidão. Assim, vê-se um ensino desvirtuado de saberes físicos, mas de tácitos para boas notas. Já para as piores condições do ensino experimental de Física há as escolas

que não possuem laboratórios (local específico para realização das experimentações), idem aparelhagem experimental.

Com o propósito de melhorar o ensino experimental de Física, Ferreira (1978) inova criando um novo formato de Biblioteca de Experimentos, a qual denominou como Biblioteca de Instrumentos⁵.

Os materiais utilizados para estas formulações experimentais eram de baixo custo. Para se compreender a definição deste material, podemos avaliar o que Silva afirma:

A expressão “experimento construído com material de baixo custo” significa que o experimento é construído com materiais escolhidos por serem de simples obtenção e manipulação e fazerem parte do cotidiano do aluno, podendo ser adquiridos com certa facilidade. E por esses motivos, esse experimento possui vantagens didáticas quando comparado a experimentos construídos com materiais caros e de complexa montagem. (FERREIRA, 2012: 33)

A biblioteca de instrumentos construída no trabalho de Ferreira se situava em uma Escola Estadual de Ensino Médio da cidade de São Paulo. E segundo o autor:

Desde o início de nossos trabalhos nesse colégio procuramos aumentar o número de experimentos possíveis introduzindo aparelhos simples, construídos por alguns alunos. Como o curso noturno não tinha aulas práticas de Física, surgiu a ideia de formar uma “biblioteca de instrumentos” para que aqueles alunos tivessem oportunidade de acesso à Física experimental e também, permitir que outros de outras classes desenvolvessem, em suas casas, os experimentos que alguns estavam desenvolvendo. (1978: 39)

Neste trecho, pode-se perceber características fundamentais deste tipo de biblioteca, sendo: a) o uso compartilhado dos experimentos entre aqueles que constroem e os que não possuem aulas experimentais, b) que o empréstimo e construção do kit não se dava apenas no ambiente escolar, mas doméstico e c) os alunos do diurno colaboram na produção de materiais experimentais auxiliados pelo professor Ferreira. A seguir é apresentado mais

Entendemos como características da biblioteca de instrumentos conforme Ferreira (1978):

- Os aparatos experimentais ficaram dispostos em uma prateleira da E. E. S. G. Prof. Alberto Levy, a qual possuía laboratório e alguns materiais experimentais, todavia Ferreira (1978) decidiu aumentar as quantidades de experimentos e seus alunos contribuíram muito para esta realização.

5 Considera-se o instrumento sendo o próprio experimento.

- A biblioteca era constituída de “*kits*”, os quais foram montados pelos alunos do período matutino e vespertino, com materiais de baixo custo. Desta maneira, além de contribuir para a formação do aluno, propiciou a produção em massa de aparatos experimentais devido ao fato de vários alunos desenvolverem um experimento ou uma melhoria experimental, permitindo o acesso do experimento a outros alunos de outras salas, até mesmo de outros anos.
- O acondicionamento de cada experimento foi em caixas, ideia dos alunos, para a melhor preservação do material. Além de que os experimentos do mesmo tipo tinham características semelhantes por, intencionalmente, utilizar material padronizado.
- Para a organização do acervo, Ferreira dedicava uma das aulas por semana fosse destinada à discussão das problemáticas envolvidas. Podendo ser sobre o assunto dos roteiros ou da fundamentação teórica que era elaborada pelos alunos.

4.3 Tipos de abordagem de laboratórios didáticos

Segundo Ferreira (1978), diferentes procedimentos didáticos poderiam considerar experimentos. Tais *tipos* de laboratórios didáticos consideravam diferentes posturas do docente, dos alunos e até mesmo a disposição de materiais:

- Laboratório de cátedra: É um laboratório em que, geralmente, apenas o professor realiza a experiência com o objetivo de todos verem um fenômeno.
- Laboratório Tradicional: A experiência é feita pelos alunos guiada por um roteiro e supervisionada pelo docente, e em sua maioria tem a necessidade de o aluno fazer relatório acerca da prática experimental.
- Laboratório Divergente: Este laboratório possui característica não verificacionista. Nele os alunos passam por duas etapas. Na primeira realizam experiências com auxílio de guia de laboratório, são atividades para que se familiarizem com os conhecimentos e práticas do laboratório, em seguida o aluno poderá estudar o assunto que desejar com a supervisão do docente.
- Laboratório Aberto: Tem caráter tradicional por conta do roteiro vinculado com as experiências, entretanto o estudante realiza as experiências quando bem entender.
- Laboratório de projetos: O aluno organiza seu plano de trabalho de algo que deseja pesquisar e é orientado por seu professor. Este laboratório difere do divergente por não ter um passo inicial de familiarização com a prática de laboratório.
- Laboratório à disposição do aluno: Este laboratório também é chamado de walk-in laboratory, laboratório de corredor, laboratório de prateleira, prateleiras

de demonstração, biblioteca de instrumentos. Ele consiste em experimentos dispostos em prateleiras ou mesas e a iniciativa para a utilização está alinhada ao interesse do estudante. Além disso, pode ser usado em cursos tradicionais como auto instrutivo. O objetivo deste laboratório é a verificação de lei e fenômenos. Tem-se uma vertente deste laboratório, conhecida como Laboratório Circulante que consiste em instrumentos dispostos como na BE, mas que é transportado para outros lugares.

- Laboratório da redescoberta: O professor promove meios a fim de “conduzir” os alunos à uma redescoberta, comportando-se como um orientador. Cabe ao discente fazer ponderações, escolher o material e planejar seu trabalho, a fim de fazer uma descoberta.

Ao tratar das diferentes abordagens, Ferreira discute que não é o material experimental que transforma a proposta educacional, mas a forma como o docente utiliza tais materiais didáticos que permite alterar a relação de ensino-aprendizagem.

4.4 Outra proposta para uma Biblioteca de Experimentos: o Projeto de Ensino de Ciências “Os Cientistas”

Como ilustração de outra iniciativa de materiais que consideram experimentos para atividades de Ensino de Ciências, discutimos a seguir o projeto “Os Cientistas”, realizado na década de 1970 pela FUNBEC e a Editora Abril. Este material era constituído de *kits* que continham (a) aparatos experimentais, (b) sua fundamentação teórica e guia da experiência e (c) em um livreto-texto, uma breve história do cientista, como mostrado na foto 1.

Cada kit era dedicado a um cientista responsável, pelo avanço científico que o instrumento expunha, em diferentes áreas da Física, da Química e da Biologia.

Diferentemente de uma abordagem ligada a estrutura escolar, esta coleção era vendida em bancas de revistas em 1970 nas grandes cidades do Brasil.

A caixa⁶ do kit era de isopor encapada com a imagem do cientista e as especificações do aprendizado, como por exemplo, no kit de Arquimedes a especificação é o peso aparente, como se pode observar na foto 2

O manual de instruções dispõe de um passo-a-passo de como realizar a experiência ao mesmo tempo em que traz questões da fundamentação teórica.

⁶ Independente dos aparatos, usava-se o mesmo formato de caixa, a qual tinha dimensões 20,9 x 5,0 x 14,1 cm.

Foto 2 – Itens contidos no kit do cientista Arquimedes, sendo em (a) o aparato experimental, em (b) um manual com fundamentação teórica e descrição de como realizar a experiência e em (c) um livro-texto relatando sobre a vida do cientista.



Fonte: Autoria própria (acervo LaPEMID)

Foto 2: Aspecto externo de um kit



Fonte: Autoria própria (acervo LaPEMID)

A quantidade de material poderia variar, mas permitia que a experiência pudesse ser feita em torno de três a quatro vezes, salvo quando não havia exigências de materiais de consumo, podendo, então, ser repetida indeterminadamente.

O manual de instruções contém seções que indicam como usar o próprio manual, a forma de realizar a montagem do experimento e a forma de realizar as atividades práticas.

Acerca do modo como se deve usar o roteiro, o estudante utilizará uma máscara vermelha para revelar as respostas. Entretanto, só se pode revelar a informação após se ter sua própria resposta. Na figura 1 mostra como a máscara vermelha revela as informações do manual, observe que a imagem está duplicada e a máscara está sobre uma delas, sendo assim, só se é possível ver a resposta através da máscara.

Figura 1 – O manual era desenvolvido para o estudo independente, com perguntas e respostas, utilizando uma “máscara vermelha” para revelar as informações. No manual, à esquerda, a região em vermelho é ilegível e com uso de uma “máscara” (à direita) é possível ler a resposta.



Fonte: Autoria própria (acervo LaPEMID)

Estas respostas fazem relações das ocorrências do experimento do estudante com o que está estabelecido, de tal forma a guiar o aluno para determinado conhecimento.

O manual de instruções é uma espécie de roteiro em que a teoria e as indagações estão entrelaçadas com a atividade experimental.

Tal disposição foi a considerada pelos organizadores para que o interessado pudesse realizar a experiência autonomamente.

A respeito da máscara vermelha podemos inferir sobre um tipo de teoria de aprendizagem, a comportamentalista.

Quando o estudante possui resposta igual ou análoga a resposta do manual, tem-se um reforço positivo, porque ele avançará para os outros passos da experiência. E aquele que a resposta diferia (reforço negativo), gera incomodo no indivíduo, como sendo um alerta de que ele não fez o que deveria. Assim seguirá o que está disposto no próprio manual, nestas circunstâncias é preciso realizar a experiência novamente ou refazer a devida análise para depois avançar para outros passos se existir coerência entre o que está disposto no manual e as suas conclusões.

5. BID – A Biblioteca de Instrumentos Didáticos

No início do ano letivo de 2019, no laboratório em que acontecem as aulas de Prática de Ensino e Estágio Supervisionado (LaPEMID) do curso de Licenciatura em Física da UNESP no Campus de Rio Claro (SP), já haviam materiais de consumo, ferramentas (utensílios de escritório) e instrumentos, mas ainda não estavam organizados com uma proposta como a BID.

Tais materiais e ferramentas, que compreendem uma parte importante da BID - a “Oficina” - são para a construção dos experimentos e jogos, dispondo de materiais como papel cartão, botões, fio de náilon, papel de seda, papel-alumínio, canudos plásticos, papel higiênico etc. Além dos materiais também existem ferramentas, quais seja tesouras, alicates, réguas, chave de fenda, estiletes, entre outros. Estes itens fazem parte da BID, são objetos que promovem as alterações dos instrumentos didáticos ou criação de novos, de forma que contribuem para o crescimento e eficiência da própria BID.

Muitos dos materiais, ferramentas e instrumentos didáticos que permitiram iniciar nosso trabalho são oriundos de projetos de desenvolvimento anterior, tal com o PIBID (Programa Institucional de Bolsas de iniciação à Docência). Havia também alguns dos instrumentos didáticos oriundos da colaboração de alunos de anos anteriores da disciplina de PEES 1 e PEES 2.

No ano de elaboração da BID os principais colaboradores foram os alunos de PEES 2 devido ao docente da disciplina propor à turma experiências do tipo projeto. Desta maneira cada aluno pesquisava qual instrumento construiria e era orientado pelo docente.

Todas as contribuições para a biblioteca foram feitas com materiais de baixo custo. Isto é uma das exigências para se inserir aparatos que promovem experiências didáticas.

Fez parte inicial da elaboração da BID reconhecer quais instrumentos do laboratório estavam em condições de uso e os acondicionar em caixas de papelão para que permaneçam em bom estado e facilite o empréstimo por conta de melhorar o transporte do material.

Optamos em etiquetar as caixas com o título que o colaborador definiu e o nome do aluno que contribuiu com o instrumento didático. E além disto, fizemos réplicas de alguns instrumentos que haviam na BID.

Fizemos registros fotográficos de como se deu a elaboração da BID e para o empréstimo, foi solicitado que o usuário tirasse foto do instrumento quando emprestava e devolvia, postando estas fotos em grupo de rede social.

5.1 BID na Escola: a Circulação da Biblioteca de Instrumentos

Conhecemos a quantidade de alunos da turma para organizar quantos e quais experimentos levaríamos para a escola. Consideramos levar no mínimo um instrumento para cada aluno, entretanto não dispúnhamos de 27 unidades de cada experimento, sendo assim decidimos levar mais tipos de experimentos para que todos pudessem emprestar um experimento em um mesmo dia. Os instrumentos que foram disponibilizados foram o eletroscópio, canudo eletrostático e o pêndulo eletrostático.

Para facilitar a locomoção dos experimentos para a escola, transferimos os instrumentos das caixas para envelopes grandes, sendo que neles haviam etiquetas contendo número, nome do experimento e um desenho do aparato montado. E em uma caixa plástica com rodas, colocamos os envelopes.

As etiquetas que tinham número de 1 a 15 indicavam que no envelope possuía um eletroscópio, nas etiquetas que tinham números de 16 a 26 indicavam que havia no envelope um pêndulo eletrostático e nas etiquetas que tinham número de 27 a 33 indicavam que o instrumento era um canudo eletrostático.

No dia do empréstimo fizemos uma lista com o nome aluno e o número do instrumento que ele pegou, assim tivemos controle de quais e quantos instrumentos foram utilizados e partindo disto analisamos os indícios de uso⁷.

Emprestar o instrumento não teve vínculo com nota, ou a obrigatoriedade de mostrar aos organizadores da BID que os alunos realizaram experiências, ou que conhecem os conteúdos relacionados a ela. O desenvolvimento do aluno esteve por conta dele, por conta do próprio interesse ou proveito.

Antes de desenvolver a atividade com os alunos, acompanhamos a turma durante três dias consecutivos, e assim conhecemos quais eram os assuntos que a docente estava trabalhando com os alunos.

Após esse período, divulgamos a BID expondo a montagem dos experimentos, procedimento experimental e a teoria. Mencionamos que após dois dias levaríamos

7 Será abordado mais à frente.

os mesmos experimentos e se quisessem poderiam pegar emprestado o instrumento para realizar as experiências em casa.

Três experimentos foram mostrados: o canudo eletrostático, o eletroscópio de folhas e o pêndulo eletrostático simples.

O canudo eletrostático foi o primeiro a ser apresentado. A teoria disposta foi sobre a constituição atômica da matéria, que por sua vez contém partículas chamadas, convencionalmente, de elétrons, prótons e nêutrons. E partindo disto, poderíamos estudar sobre estes entes da matéria utilizando um simples canudo de refresco e papel higiênico.

Em seguida, as borrachas dos alunos foram investigadas usando o eletroscópio de folhas. Averiguamos também a característica de um material eletrizado, como também se o canudo e o papel são condutores ou isolantes.

Posteriormente, fizemos um paralelo do porquê o canudo eletrizado não consegue tirar a parede do lugar, entretanto consegue fazer o pêndulo eletrostático simples se aproximar ou afastar dependendo se ele está eletricamente carregado ou não.

Desta maneira, os alunos conheceram a montagem⁸ do aparato, o procedimento experimental, a relação da teoria com a prática de maneira demonstrativa, rápida e simples.

Quando levamos a BID registramos as observações e os interesses de instrumentos dos estudantes presentes.

Após os usuários devolverem os instrumentos é necessário verificar quais experimentos foram emprestados e se foram utilizados. Para este saber utilizamos a lista de empréstimos com o número do experimento que o aluno pegou, posteriormente analisamos as condições dos materiais do kit que ele devolveu.

Para analisar se um instrumento foi utilizado, é imprescindível reconhecer como o aparato se apresenta após o processo experimental. Sendo assim, os instrumentos que os estudantes emprestaram, possuem materiais de consumo, que são os canudos de refresco e o papel higiênico. E após a realização da atividade os canudos ficam achatados e o papel em pedaços, dobrados ou ausentes.

⁸ Montagem do aparato experimental difere de construção, no primeiro se faz apenas algumas conexões entre determinadas partes do experimento, no segundo se faz o experimento como um todo.

Assim, para facilitar a análise de dados é importante manter padrão no que se coloca nos *kits*, como por exemplo deixar materiais de consumo em mesma quantidade.

6. A BID EM FUNCIONAMENTO

Neste capítulo se mostram as características relativas à constituição e as constatações de uso da biblioteca de instrumentos. Apresentaremos primeiramente para depois dispor os desdobramentos que a BID proporcionou nos contextos de formação de professores de Física para o Ensino Básico e de uma sala dos anos iniciais do Ensino Fundamental.

6.1 Porque *Instrumentos* e não *Experimentos*

Chama-se esta biblioteca de instrumentos por considerar que os instrumentos não são apenas experimentos (e seus roteiros), mas por generalizar ainda mais o conceito de materiais didáticos de modo a considerar outros recursos para o Ensino de Física, inserindo jogos didáticos.

A biblioteca é composta pelos instrumentos, materiais de consumo e ferramentas para construção e reconstrução dos utensílios. Assim, aquele que desejar colaborar com a BID talvez não precise adquirir materiais, porque ela já permitirá este acesso. Além do fato dos materiais estarem próximos dos instrumentos facilitar a sua reconstrução. Na foto 3 se mostra a BID no começo do ano de 2019 com os elementos citados acima.

Na foto 4 se apresenta a BID quando se iniciou o processo de etiquetação. Neste momento os alunos de PEES 2 sabiam que seus experimentos estavam dispostos, mas não tinham claro a serventia deles. Estes experimentos foram inseridos na BID por conta do professor da disciplina de PEES 2 propor aos seus alunos experiências com o laboratório de projetos. Assim, cada aluno pesquisou sobre o experimento ou jogo que gostaria de elaborar e foi orientado pelo docente da disciplina para realização do projeto. E para a construção dos instrumentos os alunos deveriam usar materiais de baixo custo.

Construímos ao longo do ano mais réplicas para que os alunos de PEES pudessem emprestar a quantidade de instrumentos que condizia com suas intenções com a experimentação em Física.

À medida em que a biblioteca ficava mais organizada os alunos da disciplina reparam e usaram mais os instrumentos.

Foto 3 - BID no começo do ano de 2019 em momentos iniciais da organização.



Fonte: Autoria própria (acervo LaPEMID)

Foto 4 - BID no momento em que se iniciou o processo de identificação com etiquetas



Fonte: autoria própria (acervo LaPEMID)

A BID está em constante modificação devido às atividades de prática de ensino e ao nosso trabalho mais recente. Buscamos deixar organizado os novos instrumentos para que os estudantes consigam identificar, ter conhecimento, de quais instrumentos podem fazer empréstimo. A BID se encontra semelhante à o que está disposto na foto 5. Além das caixas dos instrumentos da BID existem mais com outras funcionalidades. Na prateleira do meio existe experimento de prática de Ensino de Biologia, devido o lugar ser aproveitado pelos cursos de Licenciatura em Biologia e Física.

Foto 5 - BID com os jogos e experimentos que os alunos de prática de Ensino e Estágio Supervisionado contribuíram



Fonte: autoria própria (acervo LaPEMID)

Na estante, da foto 5, indicada por (a) estão as ferramentas e os materiais para produção de instrumentos, em (b) contém na primeira e terceira prateleira estão dispostos respectivamente experimentos e jogos feitos pelos alunos de PEES 2 (com exceção da roda de bicicleta). Na quarta prateleira tem os experimentos de Prática de Ensino de Biologia e, finalmente, na estante (c) tem em seu topo um experimento que foi contribuição de alunos de PEES 2 do ano de 2018 e o restante são experimentos

de eletrostática feitos em anos anteriores com a ajuda de estudantes de outros projetos embasados na proposta de Ferreira.

Temos então, uma biblioteca de instrumentos didáticos em constante construção⁹ e reconstrução¹⁰. Sendo assim, é evidente que para permanecer organizada é necessário alguém responsável por isto, trabalhando para a identificação dos instrumentos, manutenção de aparatos após os empréstimos, saber se os instrumentos estão retornando à biblioteca, encontrar melhor acomodação dos aparatos em caixas e nas prateleiras para aproveitar melhor o espaço.

Como na proposta de Ferreira, optamos em constituir os instrumentos com materiais de baixo¹¹ custo e com feitiço de kit¹², tanto os experimentos, como os jogos. Na foto 6 se mostra o kit da bússola que faz parte dos instrumentos da BID.

Foto 6 - Kit da Biblioteca de Instrumentos Didáticos que contém uma bússola (1), um indutor (2) e um ímã (3).



Fonte: Autoria própria (acervo LaPEMID)

9 Relativo a novos instrumentos.

10 Geralmente após os empréstimos é necessário realizar ajustes nos instrumentos, e na maioria dos casos repor os materiais de consumo.

11 Os materiais do instrumento didático são papel cartão, rolha, tinta de caneta, fio de cobre, um prego grande e um pequeno, colchetes e fita.

12 O kit constitui uma caixa com um experimento ou jogo em muitos casos se tem roteiros e uma breve fundamentação teórica.

O acervo de experimentos e jogos não limita em cada um de seus instrumentos didáticos os conhecimentos, competências e habilidades que podem ser desenvolvidos, porque existem mais possibilidades do que aquelas que o colaborador previu. Além de que o indivíduo pode utilizar a biblioteca da maneira que lhe couber, propiciando as aprendizagens que desejar.

Não existem roteiros para todos os experimentos. Assim, não é obrigatório o conhecimento do roteiro para o processo de aprendizagem. Isto é devido ao colaborador inserir a ferramenta didática como apetercer, como também o usuário usufruir como almejar.

Então, há diversas possibilidades para o uso da BID e ela não está vinculada a uma pedagogia específica. Mas dependendo da utilização pelo usuário é possível tal enquadramento que se deseja.

Assim, ela pode estar relacionada por exemplo a pedagogia tradicional quando expõe¹³ para seus alunos um fenômeno físico ou a pedagogia construtivista quando se realiza um laboratório investigativo, que conforme (Carvalho, 2014) o Ensino investigativo é conduzido por processos ou fases. De maneira singela, apresenta-se a problemática para a turma, distribui-se os materiais para que possam investigar ou pesquisar sobre o assunto e posteriormente o docente sistematiza aquilo que os estudantes conheceram experimentando os materiais.

Para conhecer um pouco melhor sobre os instrumentos, a seguir, na tabela 1, dispomos todos os instrumentos da BID, uma área da física que pode ser abordada utilizando o material, a quantidade ou réplicas que existem, se é um jogo ou um experimento, uma numeração para cada tipo diferente de instrumento e se foi inserido na BID por algum colaborador de PEES

13 Se enquadra em uma experiência de cátedra.

Tabela 1 - Relação dos Instrumentos Didáticos da Biblioteca situada no LaPEMID.

Colaboração	INSTRUMENTO		Nome	Área	Quantidade	Tipos
	De PEES	Jogo				
sim		X	Lata mágica (kit com 9 unidades)	Mecânica	1	1
sim		X	Lata mágica	Mecânica	1	2
Sim		X	Vasos comunicantes	Dinâmica dos fluidos	1	3
Sim		X	Corda	Ondulatória	1	4
Sim		X	Máquina de ondas	Ondulatória	1	5
Sim		X	Sino	Ondulatória	1	6
Sim		X	Circuito elétrico	Eletrodinâmica	1	7
Sim		X	Pulmão	Termodinâmica	2	8
		X	Capacitor	Eletrostática	11	9
Sim		X	Foguete	Termodinâmica	1	10
		X	Pêndulo eletrostático simples	Eletrostática	16	11
		X	Vetor eletrostático	Eletrostática	9	12
		X	Canudo eletrostático	Eletrostática	8	13
		X	Igrejinha eletrostática	Eletrostática	9	14
		X	Gaiola de Faraday	Eletrostática	9	15
		X	Eletroscópio de folha	Eletrostática	19	16
		X	Bússola	Magnetismo	1	17
		X	Eletróforo	Eletrostática	1	18
		X	Roda	Mecânica	3	19
		X	Pêndulo eletrostático duplo	Eletrostática	6	20
Sim		X	Canhão de objetos	Mecânica/ Termodinâmica	1	21
Sim	X		Jogo de memória dos Cientistas	Física Geral	1	22
Sim	X		Jogo de memória das Constelações	Astronomia	1	23
	X		Jogo dimensional	Física Geral	1	24
	X		Jogo de Tabuleiro sobre vetores	Física Geral	1	25
	X		Jogo de sinais 1	Vetores	1	26
	X		Jogo de sinais 2	Vetores	1	27
sim	X		Jogo decaimento radioativo	Física nuclear	1	28
	X		Jogo dos pontos cardeais	Vetores	1	29
Total de instrumentos					111	

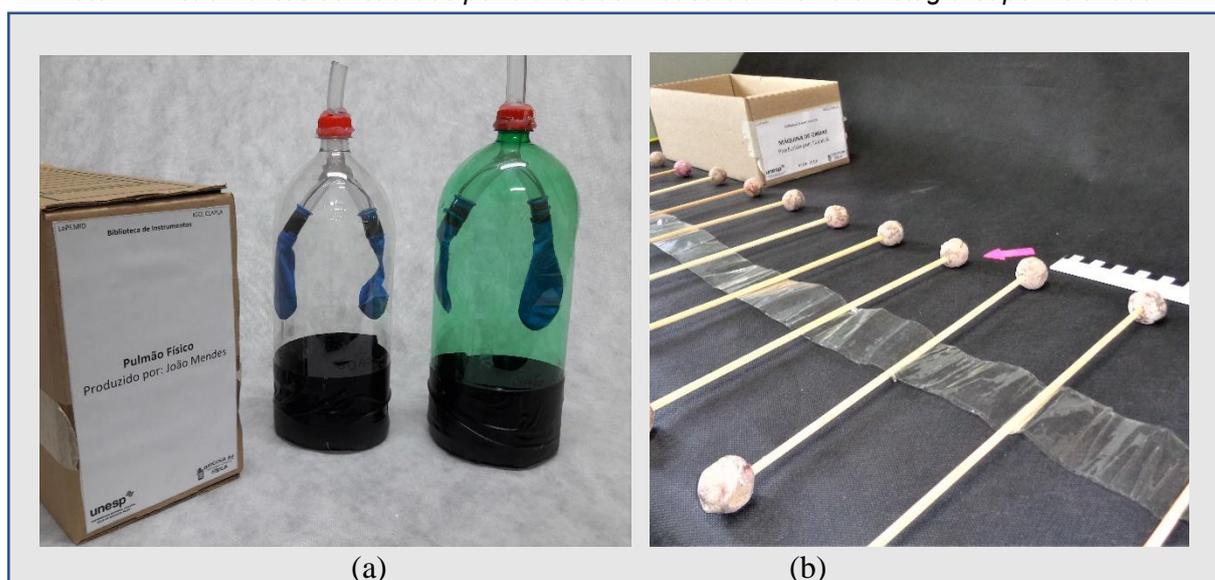
Fonte: autoria própria

6.2 A Utilização da BID Pelos Futuros Professores

No início do ano letivo de 2019 a biblioteca ainda não estava organizada, e à medida que ela foi se estabelecendo por meio da sistematização deste trabalho os alunos de PEES 2 foram dando maior atenção ao acervo. Primeiramente com comentários, depois com o uso dos instrumentos didáticos.

Faz parte do uso da biblioteca a ação de inserir novos instrumentos (que pode ser uma nova versão de um instrumento já existente ou algum que ainda não haja na BID). Em seguida a foto 7 exemplifica dois instrumentos inseridos na biblioteca por dois colaboradores. Em (a) se tem o experimento do pulmão físico que é possível ver fenômenos de termodinâmica como a relação estabelecida pelo volume e a pressão. E em (b) se vê uma máquina de ondas que é possível verificar várias propriedades da ondulatória.

Foto 7 - Instrumentos construídos por alunos de Prática de Ensino e Estágio Supervisionado 2



Fonte: Autoria própria (acervo LaPEMID)

Os alunos de PEES relataram que aprenderam mais sobre física e que necessitaram pesquisar sobre conceitos de física, bem como de instrumentos para elaborarem instrumentos didáticos.

Tiveram colaboradores em busca de experimentos de áreas específicas da Física para compreender se já existiam aparatos que abordavam tal conhecimento. E

caso não encontrassem o experimento ou jogo, almejaram inserir o instrumento na BID.

Os colaboradores, alguns muito zelosos e outros quase nada, mas que, independentemente de suas características pessoais quanto aos cuidados nas montagens, se desempenharam para contribuir com algum experimento. E isto é muito válido, pois devemos considerar o processo de construção dos aparatos e dos saberes, porque após o gatilho da ideia inicial, constituíram novos aprenderes acerca do assunto, assim a mesma pessoa ou outrem é capaz de avançar nestes trabalhos, evoluindo o aparato experimental ou o jogo para algum que seja mais eficiente e atraente. Visto que verificamos indicações dos alunos para melhorias nos instrumentos didáticos, cuja intenção era a melhoria na montagem do instrumento para maximizar a eficiência do instrumento, como também o aprendizado.

Conforme mencionado, os empréstimos foram aumentando conforme o decorrer do ano. Os alunos quando faziam os empréstimos tiravam fotos do instrumento e no momento de devolver retiravam outra foto. As duas imagens eram enviadas à uma rede social para se ter conhecimento da movimentação da BID em tempo real. Com isso foi possível identificar que os instrumentos utilizados foram: materiais de consumo, bússola, bobina, ímã, roda de torque, foguete de combustão, jogo dos cientistas, jogo da memória das constelações (entre outros).

No caso dos jogos de memória os alunos forneceram o instrumento para outras pessoas dos cursos de Licenciatura em Física, Bacharelato em Física e de outras relações sociais para que pudessem aferir sobre a jogabilidade do novo instrumento brincando e aprendendo. E com este envolvimento fizeram melhorias no instrumento que elaboraram.

Tiveram usuários que inseriram em seu plano pedagógico atividades demonstrativas com os experimentos da BID. Além disto, inseriram os jogos na prática docente, e neste caso houve um fenômeno que em uma sala cujos alunos não participavam do processo educativo passaram a interagir com a atividade proposta pelo futuro professor. Este aluno de PEES relatou que até mesmo o seu professor supervisor da Escola também participou de sua atividade educativa.

Além dos empréstimos aconteceram consultas, elas consistem em o usuário conhecer o instrumento didático que tem interesse no próprio recinto do LaPEMID. Foram consultados os experimentos como também os jogos. Esse envolvimento do

estudante com os instrumentos didáticos se enquadra na experiência de laboratório aberto ou ao laboratório à disposição do aluno.

Um dos exemplos de consulta foi para compreender se o material simples seria competente para demonstrar o fenômeno da blindagem eletrônica, experimento chamado de gaiola de Faraday.

Aconteceram *amostras diretas* da BID aos alunos de PEES 1 quando apresentávamos alguns instrumentos durante o intervalo da disciplina. Era um momento em que discutíamos o porquê de tais fenômenos. E antes da experiência, perguntávamos aos alunos quais os fenômenos que observaríamos com determinadas causas, com isto percebemos algumas inconsistências ou inseguranças do conhecimento do estudante.

6.3 A circulação da BID

A biblioteca de Instrumentos didáticos foi apresentada para uma turma de alunos do último ano do Ensino Fundamental 1 – Séries Iniciais. Como mencionado anteriormente. Para isso apresentamos os experimentos rapidamente em uma aula e, em outro dia, levamos os instrumentos.

Como cada experimento não contemplava a quantidade total de alunos, fixamos que cada aluno pudesse emprestar, naquele momento, somente um instrumento. E se desejassem conhecer outros, teriam mais oportunidades.

Em vista disto, levamos a BID para a escola e entregamos os instrumentos para aqueles que tinham vontade de fazer a experiência em casa. Quando a demanda de experimento era maior que a quantidade de aparatos a distribuição seguiu um padrão, para que os estudantes não se sentissem desfavorecidos.

O processo deveria continuar com os futuros empréstimos, relacionando os alunos que tinham interesses em experimentos específicos. Todavia o momento do ano em que desenvolvemos este trabalho somente foi possível realizar uma primeira etapa de empréstimo.

Apesar disto, sabemos qual os interesses dos alunos nos experimentos por vermos a quantidade de alunos que queriam emprestar cada experimento, a ordem de interesse é eletroscópio, canudo eletrostático e pêndulo eletrostático.

Foi solicitado que os alunos realizassem a atividade experimental em sua casa ou fora do horário de aula e mesmo assim eles abriram o kit e montaram o experimento

logo após recebem o instrumento. O que revela o grande interesse dos estudantes em realizarem atividades experimentais mesmo a atividade não ser vinculada com avaliações.

A tabela 2 contém o nome e a quantidade de instrumentos disponibilizados aos alunos, como também relação dos instrumentos emprestados e com indícios de uso.

Tabela 2 - Relações dos instrumentos didáticos emprestados e aqueles que foram utilizados pelos alunos do ensino fundamental.

Nome do experimento	Número de Instrumentos / Empréstimos		Uso
<i>Canudo eletrostático</i>	8	5	4
<i>Pêndulo eletrostático</i>	10	7	5
<i>Eletroscópio de folhas</i>	15	15	13
<i>Número total</i>	33	27	22

Fonte: Autoria Própria

Todos os 27 alunos tiveram interesse e emprestaram um instrumento, por isto a quantidade de empréstimos é 27. E em 22 instrumentos há indícios de uso. Sendo assim, a BID despertou interesse nos estudantes e possibilitou que eles realizassem experiências de maneira autônoma.

Para identificar qual experimento que o aluno emprestou se considera que de 1 a 15 o eletroscópio, de 16 a 26 o pêndulo eletrostático e de 27 a 33 o canudo eletrostático.

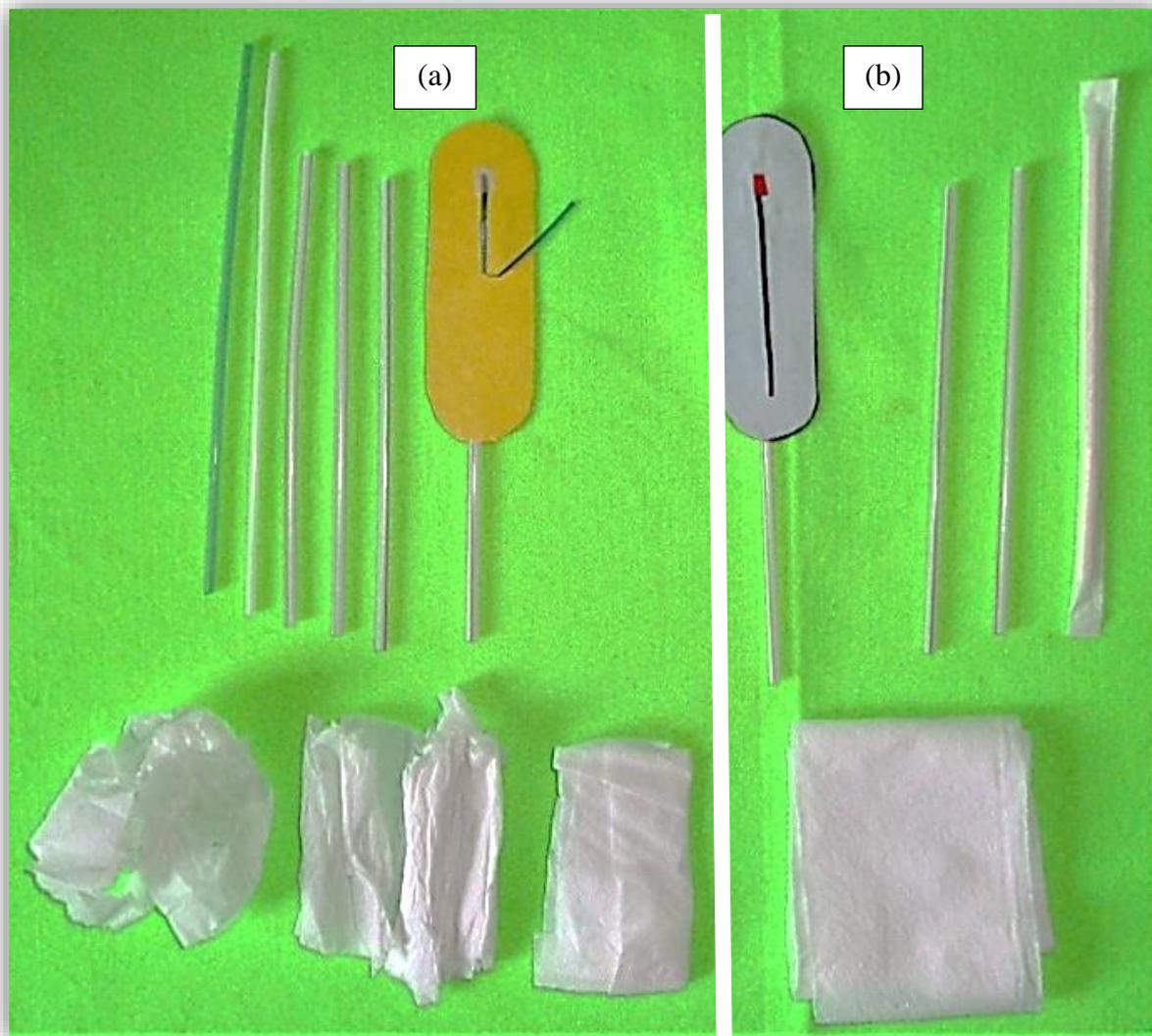
Para analisar se o instrumento foi utilizado comparamos a situação do aparato experimental com a forma que ficam após o uso. Como é mostrado na foto 8 que tem um kit utilizado (a) e outro com os devidos materiais de consumo (b). E partindo desta análise de cada kit construímos a tabela 3.

Tabela 3 - Aspectos de cada aparato experimental.

Nº da etiqueta do experimento	Uso	Guardou o aparato no envelope	Comentário
1	-	-	Não devolveu
2	-	-	Não devolveu
3	Sim	Sim	Sem papel
4	Sim	Não	
5	Sim	sim	
6	Sim	Sim	
7	Sim	Sim	
8	Sim	Sim	
9	Sim	Não	
10	Sim	Sim	
11	Sim	Sim	
12	Sim	Sim	
13	Sim	Sim	
14	Sim	Sim	danificado
15	Sim	Sim	
17	Não	-	
18	Sim	Sim	Danificado
19	Sim	Não	
21	Não	-	O experimento não estava no envelope
22	Sim	Sim	
23	Não	-	
24	-	-	
25	Sim	sim	danificado
26	-	-	
27	-	-	
28	Sim	Sim	
29	Sim	Sim	
30	Sim	Sim	
31	Não	-	Apenas um canudo pouco amassado
32	Sim	Sim	
33	Sim	Sim	

Fonte: Autoria própria

Foto 8 - Comparação entre instrumentos usado (a) e não utilizado (b)



Fonte: Acervo LaPEMID

A respeito do uso da BID pelos alunos do Ensino Fundamental 1 percebemos que:

1. Os alunos realizaram experiências sem ter finalidade avaliativa;
2. Mesmo os alunos realizando, naquela semana, uma prova avaliativa por dia conseguiram se organizar para realizar experiências em casa;
3. A maioria dos alunos devolveram os aparatos no dia combinado,
4. A maioria guardou o experimento da maneira que foi indicada;
5. Desenvolveram a atividade sem a supervisão de um professor;
6. Relataram fazer a experiência com a família;
7. Iniciaram o procedimento experimental na própria sala.

Para analisar qual foi o experimento que os alunos mais almejavam consideramos as observações quando fizemos a apresentação dos experimentos e a demanda de experimentos dos alunos no dia dos empréstimos.

Assim, no dia da entrega dos aparatos a ordem dos experimentos mais pedidos foi eletroscópio de folhas, canudo eletrostático e pêndulo eletrostático. E por conta de o eletroscópio ter chamado tanta atenção destes alunos, descreveremos na próxima sessão deste trabalho sobre ele.

O motivo do eletroscópio ser mais desejado deva estar atrelado ao aparato experimental permitir se saber se os materiais são condutores ou isolantes. E isto pode ser intensificado se o estudante se encontrar em uma situação problema em que tem a necessidade de saber sobre ela. E foi o que aconteceu com eles no dia da apresentação dos experimentos, pois realizaram uma prova de Ciências e nela havia uma questão que pedia este tipo de informação acerca de vários materiais e o aquele que tiveram mais dificuldades foi a borracha, que posteriormente averiguamos sua propriedade com o experimento.

Acerca do envolvimento dos alunos com a intervenção na aula, constatou-se reação de surpresa perante os fenômenos físicos. Tendo em vista o fato de o canudo eletrostático grudar na parede e eles se espantarem. O eletroscópio de folhas provocou a vontade deles conhecerem sobre os seus materiais, mais especificamente sobre aquele material descrito na prova do dia que apresentamos os experimentos, uma borracha.

A sensação de surpresa pode interferir no espírito do sujeito de maneira positiva ou negativa e neste último pode atrapalhar no desenvolvimento experimental ou educativo. Acerca disto Pocay expressa que:

[...] manifestação da perturbação do indivíduo diante de uma situação inesperada que, neste caso, significaria uma confusão intelectual do sujeito. Nessa perspectiva, a manifestação de desarranjo espiritual desprenderia outras sensibilidades também a ele semelhantes, mas, nesta ocasião, desfavoráveis à participação e comunicação do sujeito. (2011: 21)

Entretanto, como houve participação ou aproximação de todos os educandos com a proposta podemos inferir que a surpresa foi positiva, tendo em vista que:

[...] atividade experimental que contemplasse a surpresa permitiria um envolvimento diferenciado do estudante com determinados assuntos. Pois, muito provavelmente, a sensação agradável desprenderia outras sensibilidades semelhantes e favoráveis à participação e comunicação do sujeito. (POCAY, 2011: 21)

6.3.1 Experimento mais desejado pela turma do último Ano do Ensino Fundamental

O eletroscópio de folhas foi apresentado à turma por meio de um laboratório de cátedra e quando fizeram o empréstimo puderam realizar o procedimento experimental que imaginassem.

Apesar de concedermos a biblioteca à turma sem características de um laboratório tradicional, mostraremos parte do conteúdo de física¹⁴ que pode ser trabalhado com o eletroscópio norteado por um roteiro. Assim, conhece-se mais um instrumento da BID.

Mas antes disto, Macedo dispõe características importantes acerca deste aparato, sendo o eletroscópio um:

[...] Eletrômetro de pequena precisão, especialmente adaptado à investigação qualitativa de fenômenos elétricos. É instrumento que teve grande importância na história da eletricidade, pois com ele se detectaram inúmeros fenômenos elétricos básicos. Ainda hoje é utilizado como instrumento de demonstração em laboratório, ou para medidas relativamente pouco precisas. O modelo clássico é o eletroscópio de folhas de ouro (nos instrumentos mais baratos é substituído o metal precioso por outro menos nobre como o alumínio), muito fina e flexível, dobrada em V e suspensa pelo vértice a um condutor. Quando se carrega eletricamente o conjunto, as duas pernas da lâmina afastam-se uma da outra graças à repulsão eletrostática (1976: 117)

Ele define o eletroscópio como um eletrômetro, sendo que este último tem a capacidade de determinar grandezas elétricas como carga, tensão e corrente conforme a força elétrica influencia um sistema mecânico e existem vários tipos ou versões deste experimento (MACEDO, 1976: 117).

Com relação ao eletroscópio, podemos confirmar que existem várias versões, analisando o que Macedo expõe, tem-se uns de folha de ouro e outros de alumínio e que permitem ver os mesmos fenômenos da eletricidade.

Apresentaremos uma versão do eletroscópio que contém na BID, o qual é feito de materiais mais simples e ainda assim se pode ver os mesmos fenômenos da eletricidade. Este modelo foi baseado na proposta de Ferreira desenvolvida com seus alunos em 1978.

14 Será uma fração do conteúdo devido às várias possibilidades de assuntos que o aparato pode auxiliar.

6.4 Eletroscópio em foco

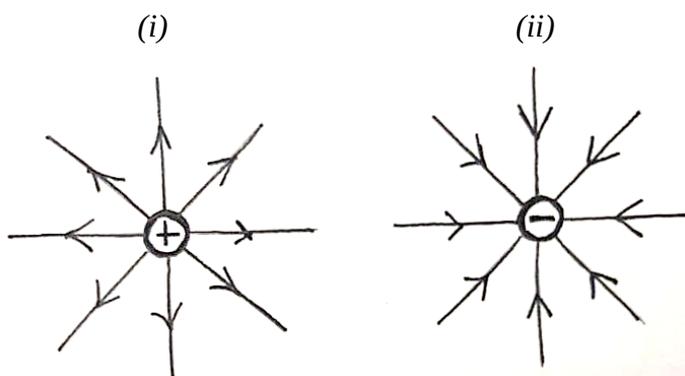
A seguir analisaremos alguns aspectos conceituais da Física que podem ajudar a compreender melhor o eletroscópio, um dos instrumentos de maior interesse dos estudantes.

O *Campo elétrico* traduz “a força por unidade de carga” (FEYNMAM, 2008: 4-3). De acordo com Alvarenga e Máximo (1971):

Quando uma carga q [carga de prova] é colocada perto de outra Q , uma força atua sobre q [...]. Podemos imaginar que a força F é exercida diretamente sobre q por Q , mesmo na ausência de qualquer meio material entre as duas cargas, isto é, podemos pensar em termos de uma força de ação à distância entre Q e q . Entretanto, um ponto de vista um pouco diferente, tem-se mostrado muito mais útil para descrevermos a interação entre as duas cargas. É mais conveniente pensarmos em Q criando “algo” no espaço em torno de si, isto é, modificando de alguma maneira este espaço. Especificaremos esta alteração dizendo que Q cria um campo elétrico no espaço em torno dela. [...] diremos que é o campo elétrico criado por Q que atua em q (1971: 28).

Na figura 2 há a representação de campo elétrico de uma carga pontual positiva e negativa, o que também é chamado de linhas de campo elétrico.

Figura 2 - Representação do campo elétrico da carga positiva (i) e da carga negativa (ii)



Fonte: Autoria própria

Com estas linhas é possível analisar o sentido do campo elétrico e a intensidade, sendo respectivamente a seta e a quantidade do número de linhas de campo elétrico por área.

Para o caso em que existem várias cargas “para calcular o campo elétrico criado por todas as cargas pontuais, devemos achar a resultante dos campos criados por cada carga pontual” (ALVARENGA; MÁXIMO, 1971: 32) (Princípio da superposição do campo elétrico).

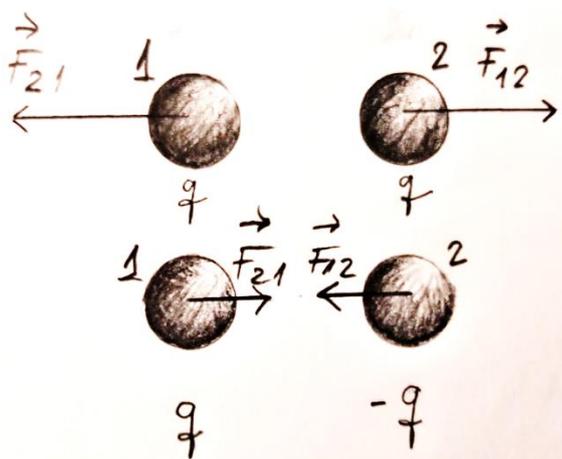
Quando existem duas cargas a força “é exercida sobre a carga q pelo campo elétrico da carga Q ” (Alvarenga; Máximo,1971: 28). Sendo sua intensidade “proporcional ao produto das cargas e inversamente proporcional ao inverso do quadrado da distância entre elas” (NUSSENZEIG: 6-8, 2003).

Na figura 3 se mostra os vetores da força elétrica para cargas de natureza iguais e de natureza diferentes.

Repare que o par de cargas superior ou de mesma natureza (cargas positivas) tende a se distanciar por conta que a carga 1 faz uma força na carga 2 (F_{12}) com a tendência de a distanciar e o mesmo a carga 2 realiza sobre a carga 1 (F_{21}) (força de repulsão).

Já para o par inferior os vetores indicam que as forças entre as cargas promoverão aproximação entre as elas.

Figura 3 - Representação vetorial da força elétrica para cargas de naturezas iguais (de mesmo sinal) e diferentes (sinais opostos).



Fonte: Autoria própria

O *Potencial elétrico*: “está relacionado com o trabalho realizado ao transportar uma carga de um ponto a outro” (FEYNMAM,2008: 4-4). Considere uma carga elétrica fixa e um ponto p em algum lugar nos seus arredores. Colocando neste ponto uma carga de prova, trazer do infinito até este espaço, e adotando o ponto de referência no infinito. Então, tem-se que o potencial no infinito é nulo e o potencial no ponto p é proporcional à carga elétrica, constante de Coulomb e o inverso da distância entre a carga e o ponto p (XAVIER; BENIGNO, 2010: 61).

A *diferença de potencial* expressa a condição em que “suponhamos que a carga que se desloca de A para B no campo elétrico seja uma carga de prova positiva q . Definimos a

diferença de potencial entre A e B sendo o trabalho de A para B pela carga q " (ALVARENGA; MÁXIMO, 1971: 45).

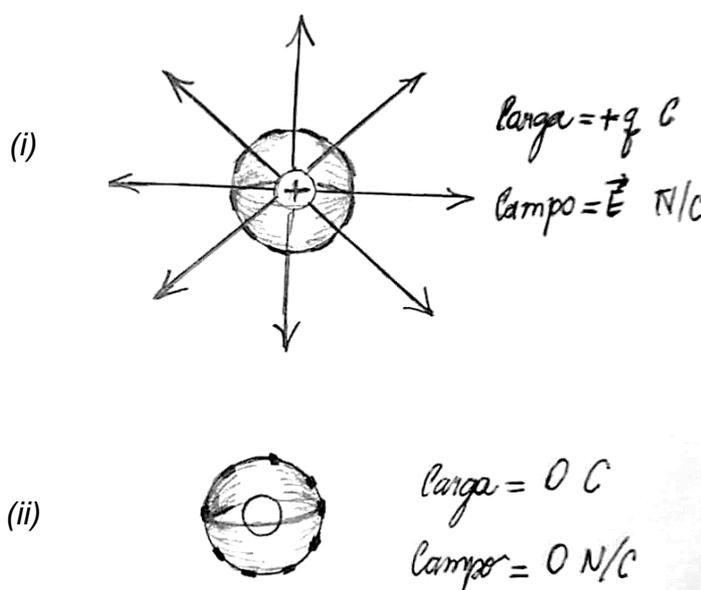
Ter diferença de potencial significa que o potencial elétrico em A é diferente de B e isto permite o fluxo de cargas. Já no potencial elétrico considera o trabalho realizado de trazer uma carga do infinito até o ponto p , no infinito o campo elétrico da carga tende à zero, por conta da extensa distância, permitindo-se conhecer o potencial apenas no ponto em específico.

A *Lei de Gauss* "relaciona o fluxo total de um campo elétrico através de uma superfície fechada (superfície gaussiana) à carga total envolvida pela superfície". (HALLIDAY; RESNICK, 2012: 53).

Na figura 4, tem-se duas superfícies de Gauss, superfície fechada que cerca o volume de um corpo a ser estudado, esféricas para avaliar (i) uma esfera com carga q e uma esfera com carga nula (ii). Nota-se que existe campo elétrico em (i), idem fluxo de campo elétrico e em (ii) por não haver carga elétrica no corpo, não existe campo elétrico.

Sendo assim, apenas no corpo indicado por (i) é capaz de causar influências em corpos neutros devido a presença de campo elétrico, ou seja, é capaz de atrair ou repelir materiais.

Figura 4 - Representação da superfície de Gauss em uma esfera com carga q (i) e em outra esfera com carga nula (ii)



Fonte: Autoria própria

Nossa análise do eletroscópio se dará de acordo com os passos descritos no roteiro, cuja íntegra se encontra no anexo deste trabalho.

Quando se aproxima o canudo plástico do eletroscópio de folhas, em que ambos estão eletricamente neutros o aparato experimental permanecerá na mesma condição.

Neste caso é perceptível que a folha de seda tende a se distanciar do corpo do eletroscópio, mas pelo fato de haver um ponto fixo entre o corpo e a folha, esta fica inclinada.

Quando se considera o canudo de plástico não eletrizado, significa que não aconteceram processos de eletrização para que o canudo tenha em excesso cargas positivas¹⁵ou negativas. Desta maneira, o corpo não consegue *influenciar eletricamente* um outro. Pois, quando não existe carga elétrica idem campo elétrico.

Esta influência elétrica pode ser considerada uma interação entre a carga elétrica do corpo eletrizado com relação a todos os componentes de cargas do corpo neutro, que são os elétrons e os prótons.

No aparato experimental, podemos observar esta interação como também a ausência dela. Entretanto é preciso considerar cada passo para fazer a devida análise da folha de seda. Porque há processos em que ela se abre (exemplo eletrização por contato) ou se fecha (eletriza-se o eletroscópio por indução e se aproxima do prato o canudo eletrizado por atrito) e existe interação.

Sendo assim, quando dois objetos estão neutros não há interações entre si. Entretanto, ao se considerar um objeto não eletrizado, mas o outro sim, haverá interação entre eles. Em outras palavras, o campo elétrico da carga em excesso no corpo eletrizado proporcionará uma força elétrica no outro material.

Esta força elétrica depende da natureza da carga (positiva ou negativa), o meio em que estes corpos estão (geralmente se considera o vácuo) e a distância entre elas.

É justamente por esta interação entre as cargas que podemos observar fenômenos macroscópicos no eletroscópio e inferir se existem cargas no eletroscópio ou não.

Sabemos que quando o corpo está neutro ele não tem campo elétrico porque não existem cargas além daquelas que constituem o material. Sendo assim, a

15 Também considerado ausência de cargas negativas.

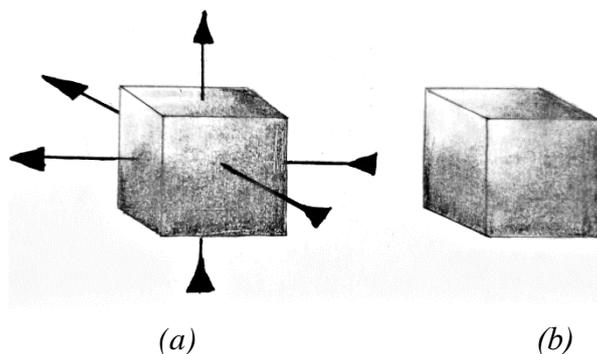
superfície de Gauss que cerca volume (o canudo de plástico ou o eletroscópio) por não englobar uma carga elétrica não possui campo elétrico detectado. E podemos concluir que o material não está eletrizado.

Claro que se precisa ter cuidado ao analisar estes fenômenos com a superfície de Gauss, porque em se considerar um dipolo elétrico envolvido por uma superfície de Gauss, constaria que o fluxo elétrico é zero devido a carga líquida nula.

Na figura 5 tem um dipolo elétrico dentro da caixa indicada por (a), enquanto que na caixa mostrada como (b) tem um corpo eletricamente neutro. No caso do dipolo elétrico todas as linhas de campo que saem da carga positiva entram na negativa, ou seja, o campo elétrico existe.

Considerando a caixa (a) como uma superfície gaussiana e o vetor normal¹⁶ com relação à superfície, tem-se que o fluxo elétrico em (a) é zero. E para (b) o fluxo também é nulo, mas por conta de não haver campo elétrico.

Figura 5 - Representação do campo elétrico de um dipolo dentro de uma caixa (a) e de um corpo neutro (b)



Fonte: Autoria própria

Desta maneira, se analisar o eletroscópio e o canudo eletrostático, separadamente, com uma superfície de Gauss constaria que a quantidade de carga líquida em ambos é zero por conta da inexistência do campo elétrico.

E assim, pela definição da lei de Gauss, não existe campo elétrico idem fluxo elétrico.

Após friccionar o canudo com o papel higiênico (eletrização por atrito) surgirá um campo elétrico não constante devido aos bolsões de cargas na superfície do

¹⁶ É um vetor perpendicular à gaussiana. Escolhe-se o sentido vetorial externo à superfície.

canudo. Logo o campo elétrico do canudo influenciará a distribuição das cargas do eletroscópio.

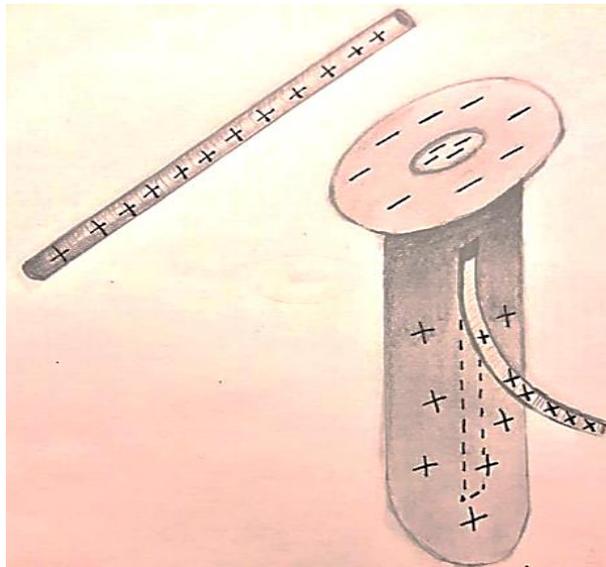
Considerando que o canudo está eletrizado com cargas positivas, ao aproximá-lo do eletroscópio, as cargas negativas do corpo neutro, do aparato, tenderão a se deslocar no sentido contrário do campo elétrico.

Significa que a região do eletroscópio que fica mais próxima do canudo terá excesso de cargas negativas e conseqüentemente a região que os elétrons evadiram ficará mais positiva. Este fenômeno é chamado de indução elétrica.

A constituição do material do eletroscópio dada a diferença de potencial do sistema permite que ele seja um condutor de cargas, por isto se pode aferir sobre a nova reconfiguração do potencial ou das cargas no eletroscópio de folhas, se ele fosse um isolante, também chamado de dielétrico, as cargas ficariam na mesma região em que foram inseridas.

Quando as cargas deslocarem e estacionarem nas regiões que minimizam o potencial elétrico ver-se-á um efeito, devido à proximidade dessas cargas de sinal igual, entre o corpo do eletroscópio e a folha de seda, esta se inclina. Como mostrado na figura 6

Figura 6 - Indução elétrica e o fenômeno macroscópico



Fonte: Autoria própria

A observação permitirá conhecer acerca da interação de repulsão entre estas cargas de mesmo sinal que estão próximas, as quais sofrerão uma “força proporcional ao produto das cargas e inversamente proporcional ao inverso do quadrado da

distância entre elas”, algo que é conhecido como Lei de Coulomb (NUSSENZEIG, 2003: 6-8).

De modo geral “duas cargas pontuais exercem, entre si, forças que atuam ao longo da linha que as une [...] são repulsivas para cargas de mesmo sinal e atrativas para cargas de sinais opostos.” (REITZ: 37,1982).

Entretanto, para conhecer o valor da força eletrostática que atua em cada uma, considera-se a resultante (soma vetorial) de suas interações com todas as demais cargas (FEYNMAN, 2008).

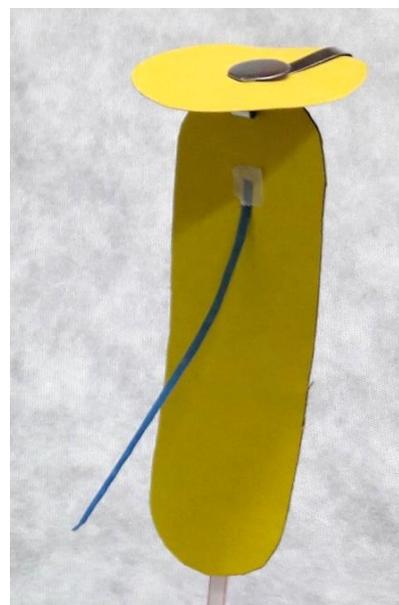
E finalmente, ao afastar o canudo do eletroscópio é possível observar que a inclinação do papel de seda com relação ao corpo do eletroscópio diminui até ser zero, garantido pela Lei de Coulomb¹⁷.

Além disto, conferimos que o material não está eletrizado, devido ao eletroscópio não manter a inclinação da folha de seda. Perceba que a folha se levanta, inicialmente, por conta da indução elétrica, o que não implica no aparato estar eletricamente carregado, ele possui a mesma quantidade de cargas, só que com uma nova distribuição delas.

Ao permitir o contato entre o prato do eletroscópio e a extensão do canudo, percebe-se que a folha do eletroscópio sai da condição inicial, que é sobre o corpo do aparato, para uma outra localidade, ela rotaciona até determinada altura. Como é mostrado na foto 9.

A folha de seda também se movimenta desta maneira por consequência da indução de cargas na superfície do material, todavia ao distanciar o canudo do eletroscópio este retornará à condição inicial (por não estar eletricamente carregado), devido à ausência do

Foto 9 - Mostra-se o eletroscópio após passar a extensão do canudo de plástico eletricamente carregado no prato do aparato



Fonte: Autoria própria (Acervo LaPEMID)

¹⁷ Quando maior a distância menor será a interação ou a força elétrica.

campo elétrico externo provido pelo canudo. Isto significa que o eletroscópio não está carregado, pois a folha fica fechada.

A partir do momento que o canudo eletrizado, *supostamente* com carga positiva, estiver se aproximando do eletroscópio acontecerá a indução elétrica, ou seja, na região do eletroscópio em que o canudo está próximo terá um aglomerado de cargas negativas.

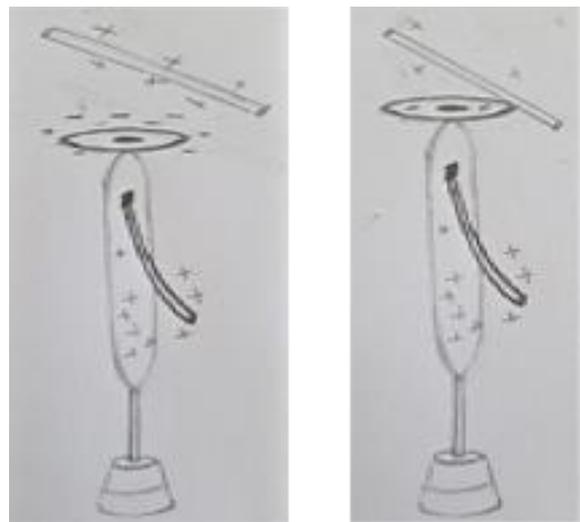
No momento em que acontecer o contato entre a extensão do canudo e o eletroscópio, haverá transferência de cargas com o intuito de reduzir a diferença de potencial entre os corpos, podendo ser que cargas negativas do prato do eletroscópio passem para o canudo. Assim, a diferença de potencial promove a passagem de cargas entre os corpos.

Na figura 7 se mostra o processo inicial, quando há indução elétrica e o contato entre os corpos permitindo transferência de carga elétrica. Sendo a representação do lado esquerdo o momento em que se encosta o canudo e as cargas estão se movimentando no eletroscópio. Perceba que ainda existem cargas negativas, entretanto, após passar toda a extensão do canudo haverá apenas cargas positivas, que é mostrado na representação do lado direito.

Além disto, pela característica da constituição da matéria do eletroscópio ter índole condutora (o material), com exceção de sua base de gesso e o canudo que é seu suporte, implica que a carga em excesso ficará distribuída na superfície do eletroscópio (como se fosse uma película).

Vale ressaltar que por se tratar de eletrostática, há de se validar que “a circulação do campo elétrico vale zero” (FEYNMAN: 5, 2008). Assim, não há correntes quando se está em equilíbrio eletrostático, o que se tem são regiões com densidade de cargas específicas

Figura 7 - Representação simbólica das cargas elétricas na superfície do eletroscópio e do canudo quando há (esquerda) indução elétrica e o (direita) processo de eletrização por contato.



Fonte: autoria própria

que minimizam o potencial elétrico. Este “está relacionado com o trabalho realizado ao transportar uma carga de um ponto a outro”. (FEYNMAN: 4-4, 2008).

Assim, na eletrização por contato, a carga do corpo eletrizado se divide entre ele e o corpo neutro, fazendo com que tenham a mesma diferença de potencial.

Quando se tem a mesma diferença de potencial não há como acontecer movimento de cargas. Assim, para que aconteça mais uma vez a movimentação de cargas é necessário realizar trabalho para fixar uma diferença de potencial entre o canudo e o eletroscópio. Uma forma de se fazer é por meio da eletrização por contato do canudo.

Assim, colocando novamente em contato o canudo eletrostático com o eletroscópio haverá redistribuição do potencial e para isto, as cargas se distribuirão entre os corpos e posteriormente no condutor (eletroscópio).

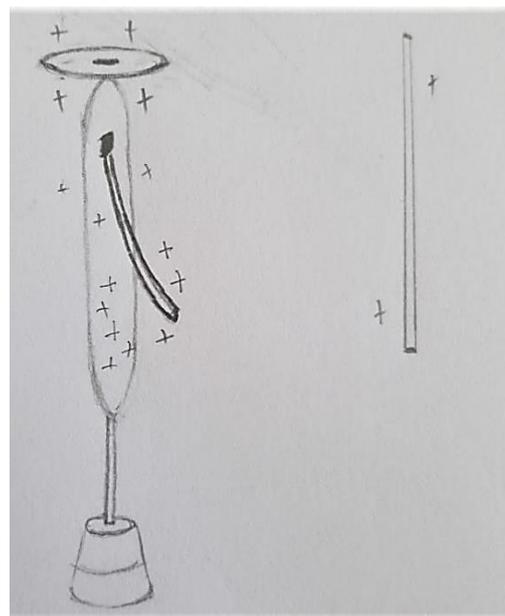
No final do processo de eletrização por contato a distribuição das cargas ficam em todo o eletroscópio, como mostrado na figura 8.

Ao aproximar o canudo eletrizado do prato do eletroscópio também eletrizado, perceber-se-á que quanto maior a aproximação do canudo, idem a abertura do papel de seda.

Quando o eletroscópio está eletricamente carregado e se aproxima o canudo também eletrizado, causa o fenômeno de aumentar a abertura da folha de seda, o que está relacionado à densidade de carga nas redondezas da folha de seda.

A densidade de carga será alterada devido ao campo elétrico externo (do canudo), que tem mesmas características dos antecessores por conta de a eletrização ser com os mesmos materiais e a mesma forma de eletrização (atrito)¹⁸, a carga

Figura 8 - Representação simbólica das cargas elétricas após a eletrização por contato

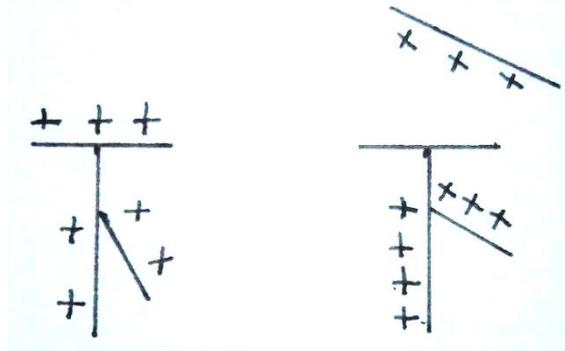


Fonte: autoria própria

¹⁸ “Canudo eletrizado por atrito pode chegar facilmente a potenciais de 5000V” (GASPAR, 2005, p.235)

provedora de campo elétrico será a mesma. Sendo assim, ao aproximar o canudo do prato haverá reorganização das cargas elétricas em excesso no corpo do aparato experimental. Na figura 9 tem uma ilustração destas cargas elétricas no eletroscópio e canudo eletrostático.

Figura 9 – Comportamento das cargas na influência de campo elétrica de cargas positivas



Fonte: Autoria própria

Analisando a região do corpo do eletroscópio que possui agora uma maior densidade de cargas positivas:

Relativo à lei de Coulomb, a interação entre as cargas é proporcional ao produto das cargas e de alguma maneira com a distância. Se as cargas aumentam, idem a força elétrica.

Também se pode chegar a esta conclusão utilizando o princípio da superposição do campo elétrico, já mencionado anteriormente, sendo assim, o campo elétrico que uma carga percebe é a contribuição de todas as outras, como existe maior densidade de cargas, haverá maior número de contribuintes de campo elétrico. E como a força elétrica é proporcional a uma constante multiplicada pelo campo, tem-se que a força de interação entre as cargas será maior.

Haverá então aumento na interação de repulsão entre as cargas da folha de seda e do corpo do eletroscópio, aumentando a inclinação da folha de seda e o corpo do eletroscópio.

Respeitando as distâncias descritas no roteiro, ver-se-á que quanto mais se aproxima de 5 cm mais a folha de seda se fecha.

A folha de seda se fecha devido à força de repulsão entre as cargas do canudo e do eletroscópio. A redução do ângulo da folha de seda é devida permissão para tal movimento, diferentemente do canudo que limitado pelo movimento da mão.

Com base nas observações não é possível aferir sobre o sinal da carga elétrica. Entretanto, se consultar a série triboelétrica¹⁹, ver-se-á que o canudo atritado com o papel fica com cargas negativas e ao colocá-lo em contato com o eletroscópio este também ficará com excesso de cargas elétricas negativas.

Quando o eletroscópio não está sujeito a um campo elétrico externo, permitindo indução elétrica, e sua configuração é da folha de seda aberta, significa que o aparato experimental está eletricamente carregado, ou em outras palavras, o corpo está eletrizado.

Esta forma de inserir cargas elétricas no material é chamada de eletrização por indução. E se deve ter cuidado para não confundir com a indução elétrica, pois na última o corpo está neutro, mas com distribuição de cargas consequente a um campo elétrico externo.

Ao se aproximar o canudo eletrizado por atrito do eletroscópio eletricamente carregado por indução, ver-se-á que a folha do eletroscópio fechará.

A princípio, poder-se-ia inferir que pelo fenômeno ser o oposto ao observado na eletrização por contato significa que possui cargas de natureza opostas. Todavia, antes de afirmar qual é a carga contida no eletroscópio, pode-se analisar o que as leis físicas respaldam sobre este fenômeno.

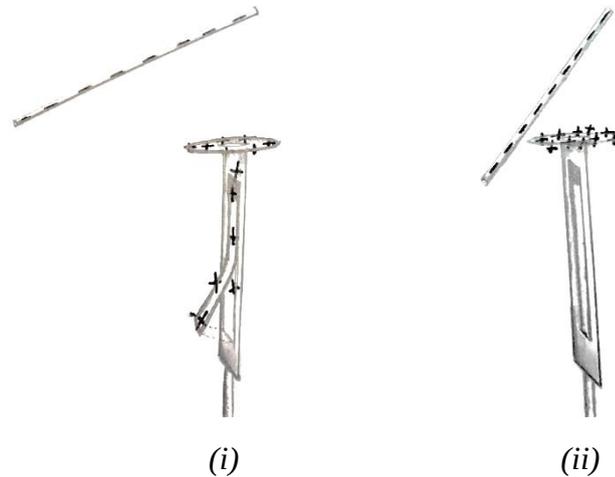
Vimos que *o canudo eletrizado nas proximidades do eletroscópio neutro* influencia em movimentação de cargas, as quais não se pode ver, entretanto é possível aferir devido ao parâmetro macroscópico que é a dinâmica da folha de seda. Neste caso, o objeto neutro terá em seu corpo regiões com excesso de cargas uma negativa e outra com a falta destas cargas. Pois migram para aquela região por conta do campo elétrico que provocou uma força elétrica sobre elas.

Já quando *o eletroscópio está eletrizado por indução ao aproximar o canudo, eletrizado por atrito*, do prato a folha de seda se fecha. Isto é devido ao campo elétrico do canudo influenciar as cargas que estão dispostas no aparato.

19 No Livro do Tipler e Mosca existe a série triboelétrica na página 2

Conforme a série triboelétrica, o canudo fica eletricamente negativo quando eletrizado por meio do atrito com o papel, assim, percebe-se que o eletroscópio carregado por indução tem cargas opostas à do indutor por conta de a aproximação do indutor fechar a folha de seda, o que implica que as cargas que estão dispostas no eletroscópio e as do canudo se atraem. Como se pode observar na figura 10.

Figura 10 – Aproximação do canudo eletrostático, eletrizado por atrito, do prato do eletroscópio eletrizado por indução



Fonte: Autoria própria

Nesta configuração a parte do corpo do eletroscópio passará a ter menos cargas em excesso quanto maior for o campo elétrico do canudo. Assim, quanto mais próximo o canudo do eletroscópio maior será o campo elétrico, proporcionando uma força elétrica cada vez mais intensa.

Para melhor compreensão a ilustração da figura 10 (i) mostra o canudo mais distante do aparato e algumas cargas ainda no corpo do eletroscópio como na folha de seda. No entanto quando o indutor está consideravelmente próximo do eletroscópio (campo elétrico maior devido a distância entre as cargas ser menor), a folha de seda e o corpo do aparato ficam neutros.

Para o caso em que a região do corpo do eletroscópio fica neutra, a força gravitacional influencia macroscopicamente no sistema (ela atua a todo momento), a folha de seda tenderá à região de menor potencial gravitacional, assim a folha fica sobre o corpo do eletroscópio.

Agora, para *induzir cargas no eletroscópio já eletrizado* é preciso que a diferença de potencial seja ainda mais intensa, ou em outras palavras, que o campo

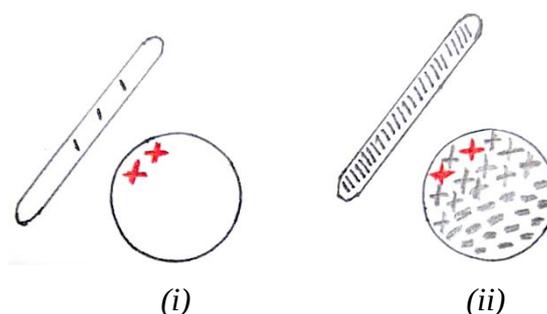
elétrico do indutor seja maior que aquele que consegue apenas causar movimentação das cargas em excesso no eletroscópio (disposto na figura 9).

Assim, ao se aproximar um indutor com grande potencial, haverá redistribuição de cargas (indução), de tal forma que a parte neutra do dispositivo (figura 9 - (ii)), passará a ter cargas de mesmo sinal do indutor (por conta da interação de repulsão) e a parte do prato, ficará com cargas de sinal oposto em maior densidade.

Logo a densidade de carga no prato do eletroscópio será a carga que estava em excesso no eletroscópio mais a carga induzida e no corpo dele terá apenas a carga induzida.

Na figura 11 há um sistema mais simples, no lugar do eletroscópio carregado por indução se tem um círculo que passou pelo mesmo processo de eletrização. A figura 10 (i) é equivalente à figura 11 (i). Repare que a região neutra passa a ter cargas como descrito acima²⁰

Figura 11 – Representação das cargas em um condutor carregado próximo de um indutor com campo elétrico muito intenso.



Fonte: Autoria própria

Ao se aproximar o canudo eletrizado por atrito do eletroscópio carregado por indução na região da folha de seda, de 15 a 5 centímetros de distância, ver-se-á que quanto mais próximo o canudo da folha mais ela é atraída. A folha de seda interage com o canudo por meio de uma força de atração devido as cargas entre eles serem de sinais opostos (Lei de Coulomb).

²⁰ Em (ii) da mesma figura.

De acordo com a Lei de Coulomb a força de atração é causada pela interação entre cargas que possuem sinais opostos. Pode-se inferir o comportamento das cargas elétricas devido ao comportamento macroscópico da folha de seda.

Quando um corpo é carregado por meio da eletrização por indução ele ficará com carga em excesso de sinal oposto das cargas em demasia no indutor.

Ao ser aproximar a chama de fogo do eletroscópio carregado por contato este é descarregado, ou seja, a folha de seda se fecha.

Ao ser aproximar a chama de fogo do eletroscópio carregado por indução este é descarregado, devido a folha de seda fechar.

O eletroscópio foi descarregado quando carregado por meio da eletrização por contato, neste caso ele tinha carga elétrica negativa, como também quando estava eletricamente carregado por meio da indução, com falta de cargas negativas, ou seja, carregado positivamente.

Isto implica que, conforme a experiência, o fogo foi capaz de proporcionar ou receber cargas elétricas e isto provocou a neutralização das cargas no eletroscópio, ou em outras palavras, a chama aterrou o eletroscópio.

Quando o eletroscópio está carregado ele induz cargas opostas no fogo, posteriormente as cargas se movimentam devido a interação de atração (eletroscópio e chama). O fogo ou o plasma é um condutor, assim fornece cargas negativas como também as retira até que o material fique neutro.

No LaPEMID existem outros experimentos de eletrostática baseados na proposta de Ferreira, que possuem montagem e observação de alguns fenômenos semelhantes ao eletroscópio de folha e que também permitem observações de outros fenômenos de eletrostática.

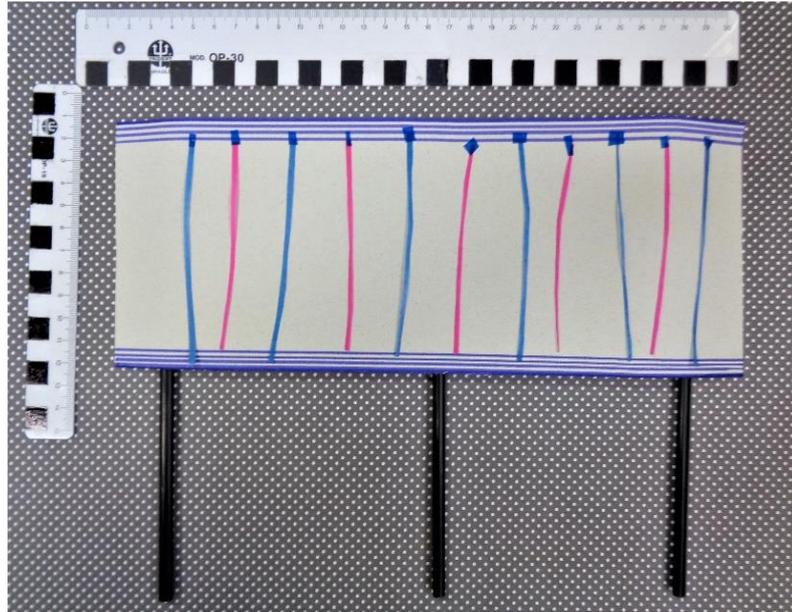
A seguir há apenas uma explanação a fim de apresentar alguns instrumentos da BID que são variações do eletroscópio de folha, sendo a explicação não respaldada por roteiros como no caso supracitado.

A Gaiola de Faraday diferencia do eletroscópio por ser mais comprida, não ter o prato e possuir folha de seda externamente e internamente. Veja na foto 10.

Com este experimento é possível estudar os condutores quando estão eletricamente carregados e ainda estudar a Lei de Gauss para este tipo de material.

Quando um condutor está carregado as cargas ficam na superfície, assim quando a gaiola de Faraday está aberta, ambos os lados ficam com as folhas de seda

Foto 10 – Gaiola de Faraday segundo a proposta de Ferreira



Fonte: (acervo LaPEMID)

Foto 11 - Gaiola de Faraday eletrizada



Fonte: Autoria própria (acervo LaPEMID)

inclinadas. E quando se fecha a superfície (unir as extremidades de papel) as cargas ficam apenas na região de fora do condutor, então as folhas de seda da parte interna

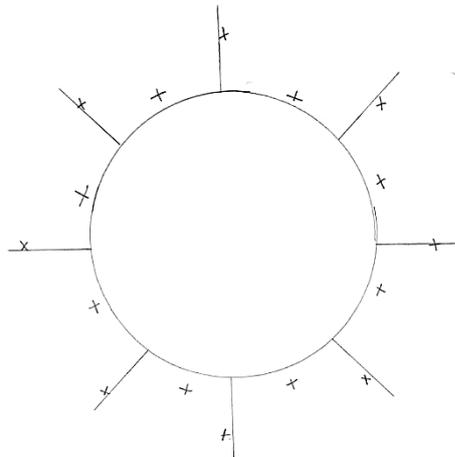
não ficam inclinadas. Na foto 11 tem o instrumento aberto, enquanto que na foto 11 tem a gaiola de Faraday fechada e eletrizada.

É possível fazer as clássicas aferições ou aplicações da Lei de Gauss para este experimento. Como por exemplo inferir a existência do campo elétrico dentro da superfície do condutor, externo ao condutor e entre as paredes (devido a presença de cargas). A disposição das cargas no eletroscópio está na figura 12.

Quando a *folha de seda se inclina no eletroscópio eletrizado* é devido a interação das cargas e isto é semelhante quando se faz a folha de seda se inclinar na Gaiola. Mas quando se fecha a gaiola eletrizada (como na foto 12), a parte interna dele fica neutra, o que seria análogo ao eletroscópio de folhas também neutro.

Assim, quando se fecha a gaiola a parte externa funciona como um eletroscópio carregado e a parte interna como um eletroscópio neutro²¹.

Figura 12 - Representação das cargas na gaiola de Faraday eletricamente carregada



Fonte: Autoria própria

Outra variação do eletroscópio de folhas é a Igrejainha eletrostática. A única alteração no aparato experimental é que no lugar do prato se tem um clipe desdobrado imitando um para-raios.

Este experimento permite acontecer a eletrização por meio da ionização do ar devido a ponta afinada aglomerar mais cargas e conseqüentemente proporcionar uma

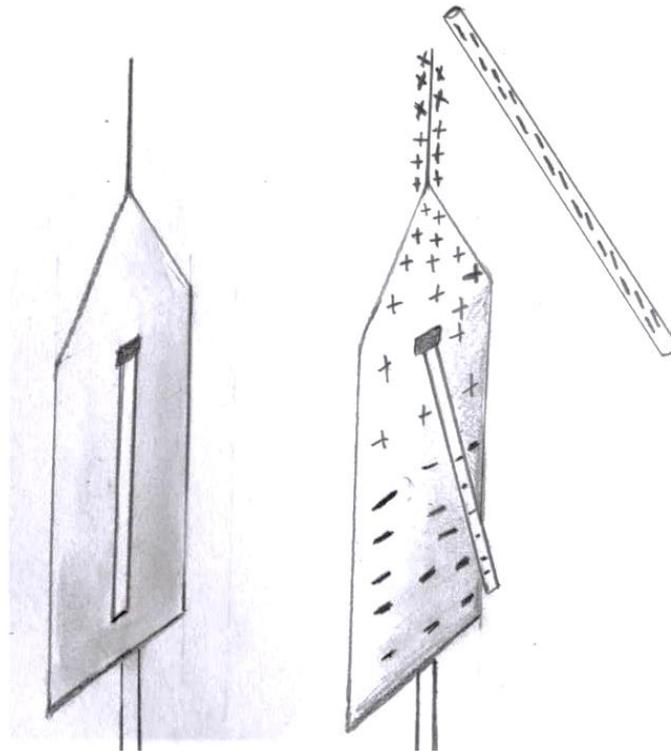
²¹ Neutro e que nunca se poderá eletrizar se a gaiola continuar fechada.

diferença de potencial maior que o prato do eletroscópio (quando rompe a rigidez dielétrica do ar o eletroscópio é carregado).

Na figura 13 tem a igrejinha eletrostática neutra (i) e quando inicia o processo de indução (ii), ao aproximar mais o canudo do aparato acontecerá uma descarga elétrica.

Há como eletrizar a igrejinha eletrostática de maneira semelhante ao eletroscópio, que seria pelo contato do corpo eletrizado na região de papel, ou pela indução (aproximando o indutor do corpo, não da região afinada).

Figura 13 – Igrejinha eletrostática (esquerda) neutra e (direita) induzida



Fonte: Autoria própria.

7. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Nosso estudo sobre o Ensino de Física e a Biblioteca de Instrumentos Didáticos (BID) focalizou aspectos relacionados à constituição de um acervo de instrumentos didáticos para o Ensino de Física como também a sua utilização em atividades de ensino, procurando, particularmente, observar se haveria implicações na formação de professores durante a disciplina Prática de Ensino e Estágio Supervisionado da Licenciatura da UNESP no Campus de Rio Claro (SP) e também no ambiente escolar, o empréstimo de experimentos por meio de uma pequena biblioteca em uma turma de anos iniciais do Ensino Fundamental, numa escola municipal da Rede Pública da cidade de Rio Claro (SP).

Consideramos neste trabalho principalmente a proposta de Ferreira (1978) para uma Biblioteca de Instrumentos, sugerida em sua dissertação “Proposta de laboratório para a escola brasileira – um ensaio sobre a instrumentação no ensino médio de física”. Neste trabalho Ferreira enfatiza o uso de recursos didáticos com ênfase nos materiais experimentais relacionados ao Ensino de Física, compostos a partir da utilização de materiais simples para a confecção de protótipos. Outro aspecto importante do trabalho de Ferreira é a utilização coletiva dos materiais experimentais, ao disponibilizá-los na forma de um pequeno acervo, que denominou biblioteca.

Quanto a consideração de que a prática experimental pode apoiar as atividades de ensino (e proporcionar aprendizagens), a proposta de Ferreira não difere essencialmente de outros projetos de Ensino de Física, tais como “Os Cientistas” (decorrente de uma associação da FUNBEC e da editora Abril, comercializado na década de 1970) e do norte-americano PSSC (traduzido no Brasil na década de 1960).

Entretanto nos citados projetos de Ensino de Física não havia oportunidade para o estudante alterar os aparatos, seja para consertá-los ou para aprimorá-los, uma vez que os materiais estavam em *kits* prontos e acabados, acompanhados de um manual de utilização. Menciona-se nas primeiras páginas do PSSC a possibilidade de sugestões para se melhorar o material. Mas no projeto “Os Cientistas” não há menções semelhantes. Além disso, nos dois projetos o estudante não tem contato com quem produziu o material ou recursos disponíveis para sua modificação. Ou seja, tais projetos não possuem faceta de evolução dos instrumentos didáticos pelo estudante e nem a possibilidade de agregar novos conhecimentos, como quando o estudante insere um novo material na BID.

As oportunidades de alteração nos protótipos, seu conserto ou ainda a invenção de um novo material constitui situação de aprendizado, ocasiões de se conhecer mais sobre a Física possibilitando melhorias, tanto no aspecto de eficiência didática do experimento como em novos conteúdos.

Importante aspecto para sinalizar tal circunstância é a existência na BID de um espaço que denominamos Oficina. A Oficina dispõe de algumas ferramentas e materiais de consumo, com os quais pode-se construir e consertar os protótipos do acervo, bem como sugere o tipo de recurso que se pretende utilizar, qual seja, materiais de baixo custo.

A BID de nosso estudo foi constituída por meio da organização dos experimentos, ferramentas e materiais de consumo que já haviam no Laboratório de Prática de Ensino, oriundos de projetos anteriores, como o PIBID Física Rio Claro. Além desses materiais, outros foram acrescentados e inseridos ao longo do ano pelos estudantes das disciplinas que utilizavam aquele espaço.

E conforme nossas constatações a BID se mostrou viável por promover melhorias no Ensino de Física nos meios em que esteve presente, sendo no contexto de formação de professores como em uma sala do ensino fundamental.

Devido aos futuros professores de física conhecerem mais sobre aparatos experimentais e jogos, pois constatamos que os alunos de PEES: pesquisaram sobre a física e instrumentos para elaborar os instrumentos didáticos; emprestavam instrumentos à fim de auxiliar suas aulas de estágio com experiências de cátedra, ou experiências lúdicas (que seria a utilização dos jogos); envolveram-se nas experiências com os instrumentos da BID nos intervalos da disciplina; averiguaram se o instrumento de baixo custo permitia a observação de fenômenos físicos; colaboraram com instrumentos didáticos e por considerarem melhoria nas atividades de Ensino, passaram a utilizar os instrumentos com maior frequência.

Já no ensino fundamental, verificamos que, a BID possibilitou àqueles que se interessaram nos instrumentos realizar experiências e é dado que todos tiveram interesse nos experimentos apresentados e os indícios de uso implicam que a maioria dos alunos realizou as experiências.

Constatamos com o desenvolvimento do trabalho que uma biblioteca com características pretendida para nossa BID possa ter funcionamento adequado é preciso:

- (a) Organizar os instrumentos como se fosse em uma biblioteca, ou seja, experimentos semelhantes próximos entre si, organizados em embalagens e identificados por meio de etiquetas;
- (b) Garantir acesso para o uso compartilhado dos instrumentos, isto significa que quem construiu, reconstruiu ou fez uma releitura de algum instrumento permita que outros alunos utilizem seu material, podendo este aluno, o usuário, ter colaborado ou não com instrumentos didáticos, pois colocamos os instrumentos à disposição de todos os alunos de PEES 1 e 2, além de outros estudantes;
- (c) Incentivar o uso de materiais de baixo custo, que são materiais que fazem parte do cotidiano do aluno, sendo assim, acessíveis.
- (d) Incentivar releituras dos aparatos já existentes, ou seja, reelaborar o aparato experimental a fim de se deixar mais evidente determinado fenômeno físico, deixando o instrumento mais didático;
- (f) Consertar os instrumentos, o que também pode ser entendido como preservar a BID, pois no lugar dos instrumentos que estavam em condições de uso ficará um instrumento ocupando espaço e sem utilidade.

É de grande importância que exista alguém para realizar as tarefas para tornar a BID operacional e, afinal, utilizável. Em outras palavras, em uma biblioteca em funcionamento, tem-se o bibliotecário. Para Ferreira (1978), no caso de uma Biblioteca de Instrumentos Didáticos, o professor que pretende montar e manter uma BID ele pode envolver seus alunos nesta atividade e, com isso, permitir o aprendizado aos estudantes outros tipos de saberes, como por exemplo a construção de determinado experimento, inferindo o porquê de ser daquela maneira e como isto relaciona com o fenômeno que será estudado com aquele instrumento.

Com o empenho e a disposição do professor, bem como o apoio da instituição, a BID pode ser concebida como um empreendimento coletivo, e, em sendo assim, ela mesma pode se constituir em instrumento para o aprimoramento e a melhoria do Ensino de Física, seja na Educação Básica como na Formação de Professores.

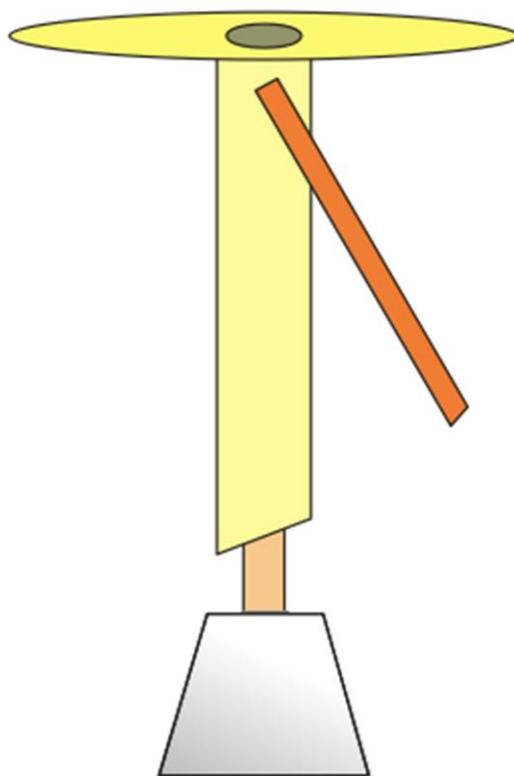
REFERÊNCIAS

- MÁXIMO, A.; ALVARENGA, B. **FÍSICA**. Belo Horizonte: Editora Bernardo Álvares S/A. v. 3. 1971
- CARVALHO, A. M. P. O Ensino de Ciências e a proposição de sequência de ensino investigativas. In: Carvalho, A. M. P. (Org.). **Ensino de Ciências por Investigação: condições para implementação em sala de aula**. São Paulo: Cengage Learning, 2014.
- CHALMERS, A. F. **A fabricação da Ciência**. São Paulo: EDUNESP, 1994.
- CHALMERS, A. F. **O que é ciência, afinal?** São Paulo: Brasiliense, 1993.
- FERREIRA, N. C. **As noções de conservação no sentido piagetiano e o ensino da Física**. Atas do III Simpósio Nacional de Ensino de Física. Revista Brasileira de Física, 1976, p. 1015.
- FERREIRA, N. C. **Proposta de laboratório para a escola brasileira – um ensaio sobre a instrumentação no ensino médio de física**. Dissertação (Mestrado), USP: São Paulo. 1978.
- FERREIRA, S. C. **Conhecimento Físico: Análise do laboratório Investigativo para o Ensino de Física na Educação Básica - Uma experiência com eletrostática**. Dissertação (Graduação em Licenciatura em Física) – Universidade Estadual Paulista, Rio Claro, 2018.
- FEYNMAN, R. **Lições de Física de Feynman**. Tradução: Adriana Válio Roque da Silva... [et. al] – Porto Alegre: Bookman, 2008.
- GALLO, H; MENDES, J.; TERUO, M; BELIZÁRIO, R. **Projeto Unesco e Projeto Harvard: propostas e projetos para o ensino de Física**. [19?]. Disponível em: <https://edisciplinas.usp.br/pluginfile.php/127400/mod_resource/content/0/1sem_harvard_unesco_henrique_jairo_marcos_ronaldo.pdf>
- GASPAR, A. **Atividades experimentais no ensino de Física: Uma nova visão baseada na teoria de Vigotski**. São Paulo: Ed. Livraria da Física. 2014.
- GASPAR, A. **Experiências de Ciências para o Ensino Fundamental -**. São Paulo: Ática, 2005.
- GOMES, L. M.; DUARTE, S. E. **O conceito tecnologia para o ensino médio numa visão Brakhtiniana**. In: XI Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências, n.6, 2017, Florianópolis, notas. Disponível em : <<http://www.abrapecnet.org.br/enpec/xi-enpec/anais/resumos/R0181-1.pdf>>. Acesso em: 03/07/2019.
- GONSALVES, E. P. **Conversas sobre iniciação à pesquisa científica**. São Paulo, Alínea, 2007.
- HALLIDAY, D. RESNICK, R. **Fundamentos de física: eletromagnetismo**. Rio de Janeiro: LTC, 2012
- KÖCHE, J. C. **Fundamentos de metodologia científica: teoria da ciência e iniciação à pesquisa**. Petrópolis, RJ: Vozes, 1997.
- LISPECTOR, C. **A hora da Estrela**. Rio de Janeiro: Rocco, 1977.

- MACEDO, H. **Dicionário de Física ilustrado**. Rio de Janeiro: Nova Fronteira, 1976
- MOREIRA, M. A. **Teorias de Aprendizagem**. 2. ed. Ampl. São Paulo: EPU. U. P., 2017.
- NUSSENZEIG, M. **Curso de Física Básica 3: eletromagnetismo**. São Paulo: Edgard Blücher, 2003
- OPPENHEIMER, F.; MALCOLM. A Library of Experiments C. **American Journal of Physics** 32, 220,1964, disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1119/1.1970183>>
- PSSC. **Física parte I**. Ed. Preliminar. Tradução: Abrahão de Moraes et al. Brasília: Universidade de Brasília, 1965., 230 p.
- REISS, M. **O ensino e a surpresa: experimentos surpreendentes e suas possibilidades no ensino de Física**. Rio Claro, Dissertação (Graduação em Licenciatura em Física) – Universidade Estadual Paulista, Rio Claro, 2011
- REITZ, J; MILFORD, F; CHRISTY, R. **Fundamentos da Teoria eletromagnética**. Tradução: Renê Balduino Sander. Rio de Janeiro: Campus, 1982
- XAVIER, C.; BENIGNO, B. **Coleção Física aula por aula: Física Ensino Médio volume 3**. São Paulo: FTD, 2010.
- .

ANEXO – Roteiro de Estudo do Eletroscópio de Folha

Projeto Oficina para o Ensino de Física



Eletroscópio de Folha

Projeto Oficina de Física
Eletroscópio de Folha

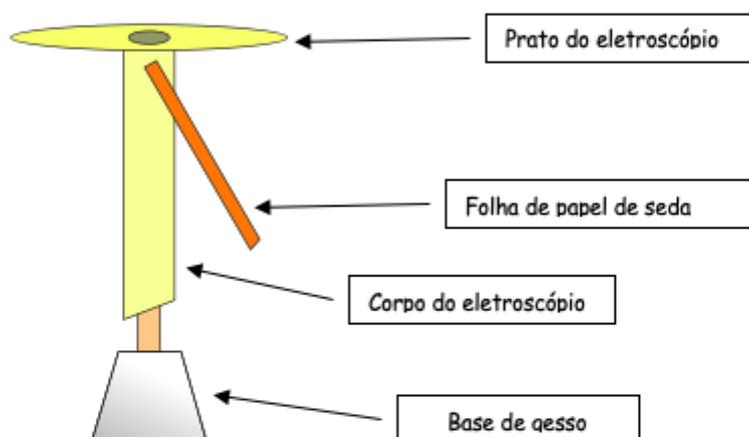
Introdução:

O eletroscópio de folha nos permite dizer se um corpo está ou não carregado eletricamente.

Vamos verificar como o eletroscópio fica carregado eletricamente por contato e por indução.

Montagem:

Pegue o material e monte o eletroscópio como a figura a seguir



Você precisará também dos seguintes materiais:

- Canudinhos plásticos para refrescos (utilize canudinhos novos para não interferir nos resultados do experimento)
- Papel higiênico
- Apenas para o PASSO 5 será necessário usar fósforo ou isqueiro (com cuidado para não incendiar o experimento).

IMPORTANTE:

- O eletroscópio precisa ser manipulado com cuidado para não amassar a folha de seda
- Evite fazer este experimento em local úmido ou com corrente de ar forte.
- Depois do experimento jogue fora os canudinhos e o papel higiênico e devolva apenas o eletroscópio para a caixa

Projeto Oficina de Física
Eletroscópio de Folha

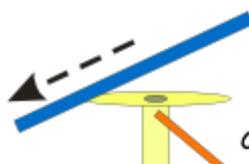
Passo 1. Verificando o funcionamento do eletroscópio

- 1.1. Pegue um canudinho que ainda não foi eletrizado. Aproxime do prato do eletroscópio o canudo descarregado. O que ocorreu?
- 1.2. Aproxime agora o canudo carregado (isto é, primeiro eletrize o canudinho por atrito). O que ocorreu?
- 1.3. Com o seu conhecimento atual, procure explicar o que ocorre nas duas situações.

Passo 2. Como podemos carregar o eletroscópio por contato?

- 2.1. Devemos começar esta observação com o eletroscópio de folha eletricamente neutro. Para isso, basta, por exemplo, tocar o prato do eletroscópio com a sua mão. Normalmente nosso corpo está em contato com a Terra e se encontra aterrado.

- 2.2. Carregue o canudinho plástico por atrito com o papel higiênico. Passe todo o comprimento do mesmo no prato do eletroscópio, como indicado na figura ao lado. O que ocorreu com a folha de papel de seda? Como consegue explicar isto.



- 2.3. Para verificar se o eletroscópio está ou não eletricamente carregado devemos observar a posição da folha (no nosso caso uma folha de papel de seda). Quando está descarregado a folha fica numa posição. Se está carregado a folha muda de posição.

- 2.3.1. Qual a posição da folha para o eletroscópio eletricamente descarregado: aberta ou fechada?

Projeto Oficina de Física
Eletroscópio de Folha

2.3.2. Qual a posição da folha do eletroscópio eletricamente carregado: aberta ou fechada?

2.3.3. Como você explica o item anterior?

Passo 3. Quando o eletroscópio é carregado por contato, qual a carga elétrica dele em relação ao canudinho?

3.1. Para começar esta observação você precisa se certificar que o eletroscópio está carregado por contato com o canudinho. Para isso repita o passo 2.

3.2. Depois de carregar o eletroscópio de folha com o canudinho atritado, aproxime novamente o canudo carregado do prato, sem tocá-lo (a cerca de 1 ou 2 cm de distância). O que ocorreu com a folha de papel de seda: abriu ou fechou?

3.2.1. Como você explicaria isso?

3.3. Com o eletroscópio carregado por contato, aproxime lentamente o canudinho eletrizado da folha de seda, primeiro a cerca de 15 cm e depois a cerca de 5 cm. O que ocorreu com a folha de seda: abriu ou fechou?

3.3.1. Como você explicaria isso?

3.4. Hoje em dia chamamos convencionalmente as cargas elétricas de positivas ou negativas. Mas isso nem sempre foi desta forma. Antes do século XVIII não se usava esta designação.

3.5. Corpos eletricamente carregados, podem estar com cargas iguais (de mesma origem) ou cargas diferentes. No caso de nosso experimento estes corpos é o canudinho eletrizado por atrito e o eletroscópio eletrizado por contato. O canudo e o eletroscópio estão

Projeto Oficina de Física
Eletroscópio de Folha

carregados com eletricidade de mesma origem, pois quem carregou o eletroscópio foi o canudinho eletrizado. O que significa esta afirmação com base nas observações que você fez? O que ocorre quando corpos estão eletrizados com cargas elétricas de mesmo sinal (positiva ou negativa)?

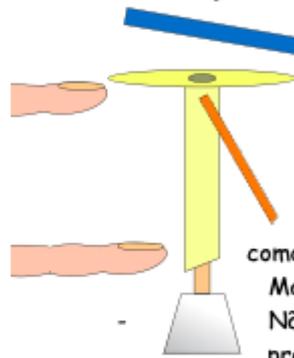
- 3.6. Com base nas observações que fez até agora, você seria capaz de dizer se a carga do canudinho é positiva ou negativa? Por quê?

Passo 4. Como podemos carregar o eletroscópio por indução?

- 4.1. Para começar esta observação você precisa se certificar que o eletroscópio está eletricamente descarregado. Para isso toque o eletroscópio com a mão.
- 4.2. Aproxime o canudo carregado do eletroscópio (prato do eletroscópio) sem tocá-lo. Você pode chegar perto, mas não tocar no prato ou na folha. Nesta situação o que ocorre com a folha de seda: fica fechada ou abre?
- 4.2.1. Será que o eletroscópio foi carregado só por causa desta aproximação? Para responder a isso, experimente afastar o canudinho eletrizado e verifique o que ocorre com a folha de seda.

Projeto Oficina de Física
Eletroscópio de Folha

4.3. Na situação descrita no item 4.2 (mantendo o canudinho eletrizado próximo do eletroscópio com cuidado para não deixá-lo tocar no eletroscópio), você deverá tocar na parte inferior do eletroscópio ou no extremo oposto do chapéu em relação ao canudinho, como indicado na figura ao lado.



Mas atenção:

- Não retire o canudinho das proximidades antes TOCAR o eletroscópio.
- Procure apenas tocar no eletroscópio e não ficar segurando no mesmo.

- 4.3.1. Mantendo o canudinho próximo ao eletroscópio (mas sem tocar) e tocando com o mesmo com sua mão, o que ocorreu com a folha de papel de seda do eletroscópio: abriu ou fechou?
- 4.4. Tire sua mão do prato ANTES de tirar o canudo carregado das extremidades (se você não fez isso repita o processo desde o item anterior). Agora retire o canudinho das proximidades do eletroscópio e não toque no mesmo. Como está a folha de seda do eletroscópio: aberta ou fechada?
- 4.4.1. Com base nesta observação você diria que o eletroscópio está eletricamente carregado ou não?
- 4.5. O processo que descrevemos até este momento no passo 4 corresponde a **eletrização por indução**. Vamos ver como o eletroscópio se comporta quando aproximamos o canudinho carregado por atrito.
- 4.6. Depois de carregar o eletroscópio de folha por indução, aproxime novamente o canudo carregado do prato sem tocá-lo (deixando-o a 1 ou 2 centímetros de distância). O

Projeto Oficina de Física
Eletroscópio de Folha

que ocorreu com a folha de papel de seda: abriu ou fechou?

4.6.1. Você notou a diferença em relação ao que fizemos no passo 3.2?

4.6.2. Como você explicaria isso? O eletroscópio está eletricamente carregado ou não?

4.7. Com o eletroscópio carregado por indução, aproxime lentamente o canudinho eletrizado da folha de seda, primeiro a cerca de 15 cm e depois a cerca de 5 cm. O que ocorreu com a folha de seda: abriu ou fechou?

4.7.1. Você notou a diferença em relação ao que fizemos no passo 3.3?

4.7.2. Como você explicaria isso?

4.8. O canudo e o eletroscópio carregado por indução estão carregados com eletricidade oposta. O que significa esta afirmação para você com base nas observações que você fez?

4.9. Se a carga elétrica do canudinho fosse negativa, qual seria a carga do eletroscópio carregado por indução? E se ela fosse positiva?

Passo 5. O fogo se entende com a eletricidade?

5.1. Para começar esta observação você precisa se certificar que o eletroscópio está eletricamente carregado. Primeiro vamos trabalhar com o eletroscópio carregado por contato. Repita os passos feitos no Passo 2.

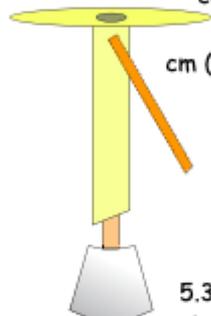


Cuidado Especial

Muito cuidado para não se queimar ou queimar o material do experimento. Esteja atento para deixar materiais que possa pegar fogo distantes da chama, **INCLUSIVE** o eletroscópio.

Projeto Oficina de Física
Eletroscópio de Folha

5.2. Com o eletroscópio eletricamente carregado, aproxime com cuidado uma chama (veja a figura ao lado)



MANTENDO mais ou menos a distância de 20 cm (tamanho de um caderno) do eletroscópio.

Cuidado no manuseio do fogo para não se queimar ou incendiar o material experimental



5.3. O que ocorreu com o papel de seda do eletroscópio após a aproximação da chama: abriu ou fechou?

5.4. Repita os procedimentos do Passo 5, agora eletrizando o eletroscópio por indução.

5.5. Aproxime a chama do eletroscópio carregado por indução. O que ocorreu com o papel de seda do eletroscópio após a aproximação da chama: abriu ou fechou?

5.6. Como você explica isso em termos de eletricidade? A chama tem carga elétrica? Ela é positiva ou negativa?

Projeto Oficina para o Ensino de Física
UNESP - 2003

<http://www.rc.unesp.br/pef/oficina>
oficina.fisica@uol.com.br

Parcialmente financiado pela FUNDUNESP

RIPE

Rede de Instrumentação para o Ensino de Física