



**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA  
"JULIO DE MESQUITA FILHO"  
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS E CIÊNCIAS  
EXATAS**



Trabalho de Conclusão de Curso

Curso de Graduação em Física

**O ENSINO DE FÍSICA E A CURIOSIDADE EPISTEMOLÓGICA: O USO DE  
EXPERIMENTOS DE ELETRICIDADE EM ATIVIDADES EDUCACIONAIS**

Ana Claudia Melito Martins

Prof. Dr. Eugenio Maria de França Ramos

(orientador)

Rio Claro (SP)

2014

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

Ana Claudia Melito Martins

O ENSINO DE FÍSICA E A CURIOSIDADE  
EPISTEMOLÓGICA: O USO DE EXPERIMENTOS DE  
ELETRICIDADE EM ATIVIDADES EDUCACIONAIS

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.

Rio Claro - SP

2014

530.07 Martins, Ana Claudia Melito  
M379e O ensino de física e a curiosidade epistemológica : o uso  
de experimentos de eletricidade em atividades educacionais /  
Ana Claudia Melito Martins. - Rio Claro, 2014  
59 f. : il., figs., quadros, fots.

Trabalho de conclusão de curso (licenciatura - Física) -  
Universidade Estadual Paulista, Instituto de Geociências e  
Ciências Exatas

Orientador: Eugenio Maria de França Ramos

1. Física - Estudo e ensino. 2. Eletrostática. 3.  
Experimentos de baixo custo. 4. Eletróforo de pizza. I. Título.

Ana Claudia Melito Martins

O ENSINO DE FÍSICA E A CURIOSIDADE  
EPISTEMOLÓGICA: O USO DE EXPERIMENTOS DE  
ELETRICIDADE EM ATIVIDADES EDUCACIONAIS

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 (orientador)  
Prof. Dr. Maria Antonia Ramos de Azevedo  
Prof. Dr. João Eduardo Ramos

Rio Claro, 26 de Fevereiro de 2015.

Assinatura do(a) aluno(a)

assinatura do(a) orientador(a)

## AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus, por ter me concedido a vida, proteção, bênçãos e me conduzido no caminho até aqui.

Agradeço aos meus pais e minha irmã por estarem sempre ao meu lado, não medindo esforços para me darem a melhor educação que puderam. Por sempre acreditarem em mim e me apoiarem em minhas decisões e conquistas.

Ao meu querido noivo, que desde que entrou em minha vida, sempre esteve ao meu lado me apoiando, ajudando, e me dando forças e me deixando mais calma quando necessário. Em especial as ajudas com a edição e formatação desse trabalho.

Aos meus amigos de graduação: Júlia, Bruna, César, Raquel, Lucas, Beatriz e Mateus. Pelas ajudas nas provas, relatórios, listas de exercícios, palavras de conforto, fofocas, conselhos, risos, bagunças, por estarem ao meu lado durante esses quatro anos. Desejo tudo melhor para vocês meus queridos amigos físicos!!!!!!

Aos meus colegas do Projeto PIBID, todos que nesses 3 anos passaram pelo projeto e deixaram a sua marca, em especial a Ana Laura, Wander, João Guilherme e André, que me ajudaram em vários momentos, em especial nas oficinas de eletrostática.

A meus professores de graduação, pela dedicação em ensinar, e por contribuírem para a minha formação.

Ao meu orientador Prof. Eugenio, por me orientar nesses três anos, pelos puxões de orelha quando necessário, pelos elogios, e por ensinar uma Física diferente e lúdica, me mostrando que o Ensino de Física brasileiro ainda tem jeito.

Aos professores: Prof. Dr. Maria Antonia Ramos de Azevedo, Prof. Dr. João Eduardo Ramos e Prof. Dr. Giovani Gozzi por aceitarem fazer parte da banca avaliadora do meu trabalho.

**“Tenho a impressão de ter sido uma criança  
brincando à beira-mar, divertindo-me em descobrir  
uma pedrinha mais lisa ou uma concha mais  
bonita que as outras, enquanto o imenso oceano  
da verdade continua misterioso diante de meus  
olhos.”**

**Isaac Newton**

## RESUMO

*Analisamos com esse trabalho a importância de se utilizar experimentos em sala de aula, em especial os experimentos de baixo custo, para uma melhor aprendizagem de Física, discutindo o contexto em que essa disciplina está inserida, que em geral, vem sendo apresentada aos estudantes de maneira tradicional e mecanicista. Trabalhamos com o tema eletrostática e com experimentos didáticos de baixo custo, tendo como foco o Eletróforo de pizza. Sobre a manipulação desse experimento, podemos perceber a surpresa e curiosidade nos alunos, dependendo de como o mesmo é utilizado em atividades didáticas, de forma a torná-lo significativo ao aluno. Discutimos como a curiosidade pode ser aproveitada em sala de aula, os tipos de curiosidade segundo Freire, como superar a curiosidade para se tornar epistemológica, a Física envolvida no experimento e o papel do professor nesse contexto.*

*Palavras-chave: Eletrostática. Experimentos de baixo custo. Curiosidade epistemológica. Eletróforo de pizza.*

## **ABSTRACT**

*We analyzed with this work the importance of using experiments in the classroom, especially the low-cost experiments for better learning of Physics, discussing the context where this discipline is inserted, which in general, has been presented to students in a traditional, mechanistic way. We worked with the electrostatic theme and low cost didactic experiments, focusing on the pizza electrophorus. About the handling of this experiment, we can see the surprise and curiosity in students, depending on how it is used in didactic activities in order to make it meaningful to the student. We discussed how the curiosity can be harnessed in the classroom, the types of curiosity according to Freire, how to overcome the curiosity to become epistemological, the physics involved in the experiment and the teacher's role in this context.*

*Keywords: Electrostatic. Low cost experiments. Epistemological curiosity. Pizza Electrophorus.*



## SUMÁRIO

Índice de Figuras .....	8
Índice de quadros .....	9
<b>1 – INTRODUÇÃO.....</b>	<b>10</b>
<b>2 – Aulas de Física e a atividade experimental.....</b>	<b>12</b>
2.1 Experimentos de baixo custo .....	14
<b>3 – A SURPRESA.....</b>	<b>18</b>
3.1 Como identificar a surpresa boa para o ensino? .....	19
3.2 Curiosidade.....	19
3.3 O papel do professor .....	22
3.4 Por que o eletróforo? .....	23
<b>4 – ELETRÓFOROS – ALGUNS ASPECTOS RELEVANTES .....</b>	<b>24</b>
4.1 Operando o experimento .....	26
4.2 Eletróforo e o modelo físico para a eletrização observada .....	28
4.3 Os papéis saltitantes em nosso eletróforo .....	35
<b>5 – O ELETRÓFORO: SURPRESAS E AS ATIVIDADES DE ENSINO DE FÍSICA .....</b>	<b>38</b>
5.1 Relato da oficina realizada.....	38
5.2 Relato da aula no 3º. ano do Ensino Médio .....	41
<b>6 – O ELETRÓFORO E O LIVRO DIDÁTICO .....</b>	<b>43</b>
<b>6.1. Máximo e Alvarenga .....</b>	<b>43</b>
Análise crítica do capítulo sobre Carga Elétrica .....	44
<b>6.2 Sampaio e Calçada .....</b>	<b>45</b>
Análise crítica dos capítulos de Carga Elétrica e Eletrização .....	46
<b>6.3. Alberto Gaspar.....</b>	<b>47</b>
Análise crítica do capítulo sobre Introdução a Eletricidade.....	47
<b>6.4 Yamamoto e Fuke .....</b>	<b>48</b>
Análise crítica do capítulo sobre Eletrização .....	49
<b>6.5 Análise da apostila do Estado de São Paulo.....</b>	<b>50</b>
<b>6.6 Livros didáticos analisados e a atividade desenvolvida com o Eletróforo. ....</b>	<b>51</b>
<b>CONSIDERAÇÕES FINAIS .....</b>	<b>53</b>
<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>	<b>56</b>
<b>Apêndice 1: A construção do Eletróforo de Pizza.....</b>	<b>58</b>

## Índice de Figuras

Figura 1 Imagem de um eletroscópio de folha, Gaspar (2011), p.405 .....	15
Figura 2 Exercício sugerido utilizando o eletroscópio de folhas, Gaspar (2011), p.407 .....	16
Figura 3 Imagem de um Eletroscópio feito com materiais de baixo custo, Gaspar (2011) p. 413 .....	17
Figura 4 Figura esquemática do Eletróforo de Volta, Reproduzido de Wikipédia <a href="http://pt.wikipedia.org/wiki/Eletr%C3%B3foro#mediaviewer/File:Electrophorus_device.png">http://pt.wikipedia.org/wiki/Eletr%C3%B3foro#mediaviewer/File:Electrophorus_device.png</a> .....	24
Figura 5 Conjunto do Eletróforo de Pizza, segundo Ferreira e Ramos (2008).26	
Figura 6 Eletróforo com a montagem utilizada nesse trabalho.....	28
Figura 7 Série Triboelétrica - Typler e Mosca, p.2.....	30
Figura 8 Placa de PVC após a eletrização por atrito.....	31
Figura 9 Esquema da indução eletrostática .....	32
Figura 10 Indução eletrostática .....	32
Figura 11 Esquema da eletrização por indução. A- indutor, B induzido .....	33
Figura 12 Aterrando o Eletróforo .....	34
Figura 13 Eletróforo carregado.....	34
Figura 14 Ruptura dielétrica ocorrida com o Eletróforo retirado de Reiss, M. 2011 .....	35
Figura 15 Eletrização dos papéis no Eletróforo.....	36
Figura 16 Papéis saltando para foro do Eletróforo .....	37
Figura 17 Foto da oficina realizada com o Pêndulo simples .....	39
Figura 18 Foto da oficina realizada com o Eletróforo .....	39

## Índice de quadros

Quadro 1 Oficinas realizadas .....	39
Quadro 2 Livros Didáticos que serão analisados .....	43
Quadro 3 Divisão dos conteúdos em Unidades e sua extensão em páginas no Livro de Máximos e Alvarenga .....	44
Quadro 4 Divisão dos conteúdos e suas respectivas páginas do livro didático de Sampaio e Calçada. ....	46
Quadro 5 Divisão dos conteúdos e suas respectivas páginas do livro Alberto Gaspar.....	47
Quadro 6 Relação dos conteúdos e suas respectivas páginas do livro: Kazuhito e Fuke .....	49

## 1 – INTRODUÇÃO

O interesse pelo tema desse Trabalho de Conclusão de Curso foi despertado durante meus trabalhos junto ao PIBID Física Rio Claro<sup>1</sup>. Desenvolvíamos trabalhos junto a uma das escolas parceiras do projeto no município de Rio Claro, com estudantes de Ensino Médio, com a temática: eletrostática, realizadas no período de 20 de maio a 17 de junho de 2013. Em uma oficina realizada na escola ETEC Prof. Armando Bayeux da Silva, no dia 17 de junho de 2013, sendo realizadas por mim e Wander Ceschi, ambos bolsistas do projeto PIBID UNESP RC. No dia em que o eletróforo foi apresentado na oficina, nós colocamos pedaços picados de papel em cima da forma do eletróforo, e para a nossa surpresa, após eletrizar o eletróforo e levantar a forma da base de PVC os papéis saltaram para fora da forma. Todos os presentes na oficina ficaram surpresos e curiosos. O acontecido gerou uma boa discussão, pois ninguém sabia ao certo o porquê havia acontecido aquilo. Após o término da oficina, dediquei-me ao estudo desse fenômeno e algumas das conclusões e aplicações estão escritas nesse trabalho.

A eletricidade é um tema que em geral causa bastante interesse e medo nas pessoas, e o estudo de Física na escola de Educação Básica uma oportunidade preciosa para que esse conhecimento se torne acessível.

Pretendemos com esse trabalho estudar a utilização de materiais de baixo custo, segundo a perspectiva proposta por Ferreira (1978) para a experimentação didática de Física na Educação Básica, com a temática eletrostática, em especial o Eletróforo de Volta.

---

<sup>1</sup> PIBID é o Programa Institucional de Iniciação a Docência (PIBID) do governo federal brasileiro por meio da Fundação CAPES (Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal do Nível Superior) do Ministério da Educação. No município de Rio Claro (SP) se realizaram subprojetos aprovados nos Editais 2010, 2011 e 2013, num grande projeto institucional da UNESP (Universidade Estadual Paulista). Para o período 2014-2017 o projeto institucional da UNESP compreende 57 subprojetos de diferentes áreas do conhecimento. Um deles é o PIBID Física Rio Claro, dedicado a Iniciação a Docência de estudantes da Licenciatura em Física da UNESP, realizado no Instituto de Biociências e em duas escolas parceiras da Rede Pública Estadual, envolvendo um professor universitário (coordenador), quatorze bolsistas de graduação (bolsistas PIBID) e duas professoras da Educação Básica (supervisoras).

Discutiremos também algumas outras experiências didáticas desenvolvidas no trabalho no projeto PIBID UNESP RC, com atividades de Ensino de Física nas quais pudemos observar grande interesse dos estudantes na interação. Tal comportamento peculiar foi observado em diferentes turmas, escolas e faixas etárias, despertando meu interesse em aprofundar seu estudo e caracterização.

Em vista disso, pretendemos com esse trabalho pesquisar a origem e história do Eletróforo, por quem foi inventado e por quê. Além disso, pesquisaremos o enfoque dado a esse experimento em livros didáticos, particularmente os livros adotados nas Escolas onde o trabalho da disciplina Prática de Ensino de Física e as atividades do projeto PIBID UNESP RC na área de Física se desenvolveram no ano de 2014, no município de Rio Claro.

Discutiremos a Física envolvida no experimento e conceitos físicos a ele relacionados, tais como: carga elétrica, eletrização (por atrito, indução e contato), polaridade e armazenamento de cargas elétricas. Com base em tal estudo, iremos também analisar se os livros didáticos estão utilizando uma explicação correta de acordo com os modelos aceitos pela Física.

Desenvolveremos uma sequência de ensino de Física focando o Eletróforo, destacando aspectos didáticos de tal experimento e relacionando-os com a surpresa e o encantamento, além de aspectos lúdicos já salientados por Ramos (1990) como relevantes no uso de experimentos de baixo custo no Ensino de Física.

Pretendemos a partir disso, discutir, sob o ponto de vista da curiosidade epistemológica (FREIRE, 2011), as implicações do uso de materiais de baixo custo em atividades de Ensino de Física que considerem a ludicidade.

O trabalho foi desenvolvido por meio de estudo exploratório e qualitativo, com características autobiográficas, das atividades didáticas desenvolvidas no âmbito do Projeto PIBID UNESP RC na área de Física e na disciplina Prática de Ensino de Física, além de pesquisa bibliográfica.

## 2 – Aulas de Física e a atividade experimental

As aulas que eu assisti, enquanto aluna, não somente as de Física, mas todas de uma maneira geral eram baseadas no livro didático. Nelas professores reproduziam os conteúdos apresentados no livro e resolvíamos exercícios. Em particular nas de Física, algumas explicações eram feitas utilizando experimentos mentais, mas nunca os experimentos físicos. Percebia que alguns conteúdos não eram entendidos por toda a sala e não havia aplicação no cotidiano.

Alguns professores alegavam que gostariam de utilizar experimentos e outros métodos de ensino. Mas alegações como pouco tempo de aula ou muitos conteúdos a cumprir justificavam o porquê priorizavam a apresentação de forma tradicional (expositiva e completamente teórica).

Nem todas as aulas expositivas são ruins. Tive muitas aulas que foram muito boas e esclarecedoras. Mas, como aluna, me indagava: será que esses motivos são realmente inibidores para a utilização do experimento? Não seria possível trabalhar com experimentos mesmo com o pouco tempo de aula?

Acompanhando as atividades escolares durante a minha licenciatura percebi que, mesmo hoje em dia, esse panorama continua. Galiazzi et al também salientam que ainda há poucos experimentos nas aulas e os alunos ainda tem muita dificuldade de aprendizado com a Física (GALIAZZI et al. 2001).

Talvez a expectativa dos professores quanto a utilização dos experimentos quando feita, seja errônea ou complexa demais, a ponto de sugerir que sua utilização atrapalhe o andamento da “matéria” e dificultem a aprendizagem dos alunos.

De acordo com GALIAZZI et al. (2001)p. 252 e 253, em pesquisas realizadas por Kerr (1963) e de Hodson (1998), os professores apontam diferentes motivos para se utilizar experimentos, tais como:

- Estimular a observação aprimorada e o registro cuidadoso dos dados;
- Promover métodos de pensamento científico simples e de senso comum;
- Desenvolver habilidades manipulativas

- Treinar resolução de problemas;
- Adaptar as exigências das escolas;
- Esclarecer a teoria e promover a sua compreensão;
- Verificar fatos e princípios estudados anteriormente;
- Vivenciar o processo de encontrar fatos por meio da investigação, chegando a seus princípios;
- Motivar e manter o interesse na matéria;
- Tornar os fenômenos mais reais por meio da experiência.

Se levarmos em conta algumas dessas características como registro cuidadoso de dados, treinar resoluções de problemas e comprovação de leis, os professores teriam que utilizar muito tempo da aula para realizar experimentos com esses fins, e a aprendizagem com o experimento talvez não fosse tão significativa e se tornasse enfadonha.

Percebe-se nos trabalhos de Galiazzi et al., Kerr e Hodson, que os professores não estão alheios a manifestações dos alunos quanto a presença do experimento em sala de aula. Além disso, experimentos não deveriam ser utilizados apenas como um instrumento a mais de motivação para o aluno, mas como um instrumento que propicie a construção e aprendizagem de conceitos e modelos científicos. Entretanto, para que isto ocorra, é necessário, porém, que haja uma interação didática entre a atividade experimental e o desenvolvimento destas concepções (BARBOSA, PAULO, RINALDI, 1999).

Nas aulas com abordagem estritamente teóricas ministradas por mim, pude perceber que alguns alunos ficam dispersos, não ficam atentos ao professor, ao conteúdo que está sendo trabalhado, não conseguindo fazer uma relação com o seu cotidiano, tendo dificuldade para resolver exercícios que não são de aplicação de fórmula.

Em contraste, em aulas ministradas com a utilização de experimentos, percebi que os alunos se interessam mais pelas explicações, e ficam mais atentos, procuram aprender, ficam curiosos, relacionam com o cotidiano e conseguem resolver melhor os exercícios.

Para a proposta experimental desse trabalho, utilizando experimentos feitos com materiais de baixo custo, identificamos a presença de alguns dos

motivos mencionados pelos professores nas pesquisas de Kerr e Hodson. Pretendemos motivar e manter o interesse na matéria, provocado inicialmente pela surpresa, tornar os fenômenos mais reais para os alunos através da investigação, esclarecer a teoria promovendo a sua compreensão e verificar os fatos e conteúdos estudados anteriormente.

Para isso considero necessário mais do que possuir o material experimental. É necessário atingir uma interação lúdica com o experimento, como mencionado por Ramos (1990 e 1997), para que o estudante possa considerá-lo como um desafio cognitivo, e assim ser incorporado ao processo de aprendizagem e ensino.

Como aponta Ramos, ao interagir com o experimento, a pessoa constrói um repertório de conhecimento e essa atuação permite até mesmo ao aluno ir além do que esta sendo proposto pelo professor, podendo se abastecer de informações, confirmar perspectivas, alterar modelos, resgatando dessa forma o seu comportamento lúdico e exploratório, fazendo com que a pessoa se torne capaz de pensar e alterar suas próprias concepções.

### **2.1 Experimentos de baixo custo**

O experimento adotado nesse trabalho esta inserido no “Caderno de instrumentação para o ensino de Física” (FERREIRA e RAMOS, 2008), onde são apresentados diversos experimentos de Eletrostática construídos com materiais de baixo custo, sendo que o utilizado nesse trabalho foi construído por nós com materiais de custo relativamente baixo.

Ao estudar características de materiais que possam despertar a curiosidade dos alunos, percebi que o experimento trabalhado ser de fácil construção e com materiais acessíveis permite que os alunos possam ousar e manipulá-lo. Dessa forma o experimento ser construído com materiais de baixo custo parece uma característica indispensável.

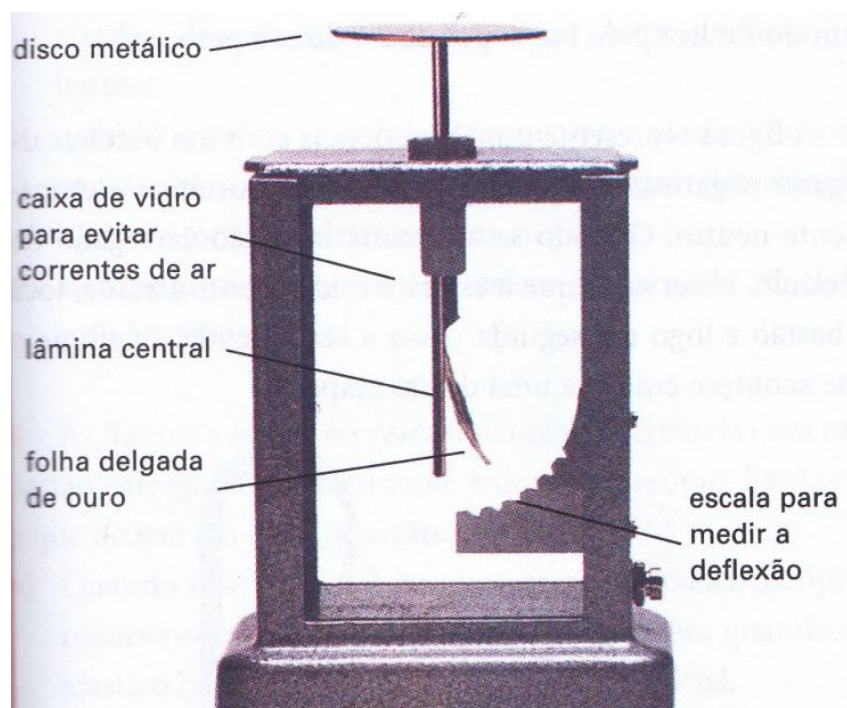
Como apontado por Ramos (1990), é importante ressaltar que o conceito de baixo custo é relativo, ele deve ser barato com relação a outras opções. Além disso esses experimentos devem ter os desempenhos técnico (funcionar do ponto de vista físico de maneira correta) e pedagógico (necessário para a demonstração ou outras atividades de ensino).



Escolhi trabalhar com materiais de baixo custo não apenas pela economia de materiais, mas pela simplicidade de sua construção, permitindo que os alunos possam interagir com ele, podendo fazer modificações, alterações e invenções. O experimento não é mais uma caixa preta, onde o aluno é um mero espectador e não pode interagir com o experimento por ser frágil, nesse caso ele é um participante fundamental no processo, ou seja, o conhecimento está à disposição do aluno.

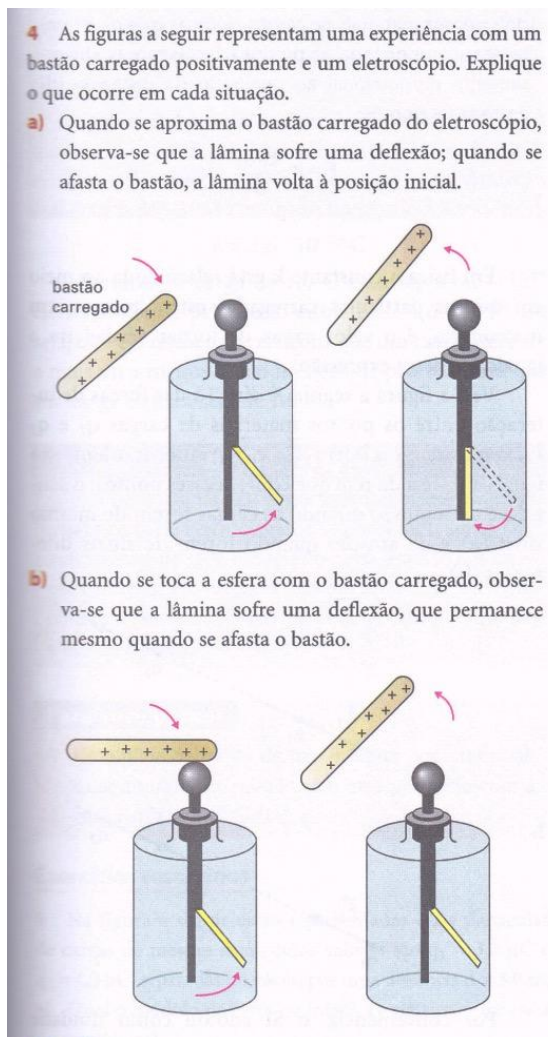
Uma das praticidades do experimento ser de baixo custo, é que o aluno pode manipulá-lo e não tem problema se acontecer de quebrar, como aconteceu várias vezes quando levamos o Eletróforo de pizza de um lugar para outro. Isso me obrigou a, antes de cada aula, fazer uma manutenção preventiva nele para verificar se o cano de PVC está preso na forma de pizza.

Podemos verificar também que em alguns livros didáticos de Física, os autores se preocupam em mostrar o experimento formal, mas também o de baixo custo, para que os leitores pudessem ver outra forma de reproduzi-lo. Isso acontece especialmente num dos livros analisados neste trabalho, do Prof. Alberto Gaspar (2011). Inicialmente o texto mostra a imagem de um Eletroscópio com uma lamina móvel, sugerindo algumas atividades que devem ser feitas mentalmente realizadas com um bastão e o Eletroscópio.



**Figura 1**

Imagem de um eletroscópio de folha, Gaspar (2011), p.405

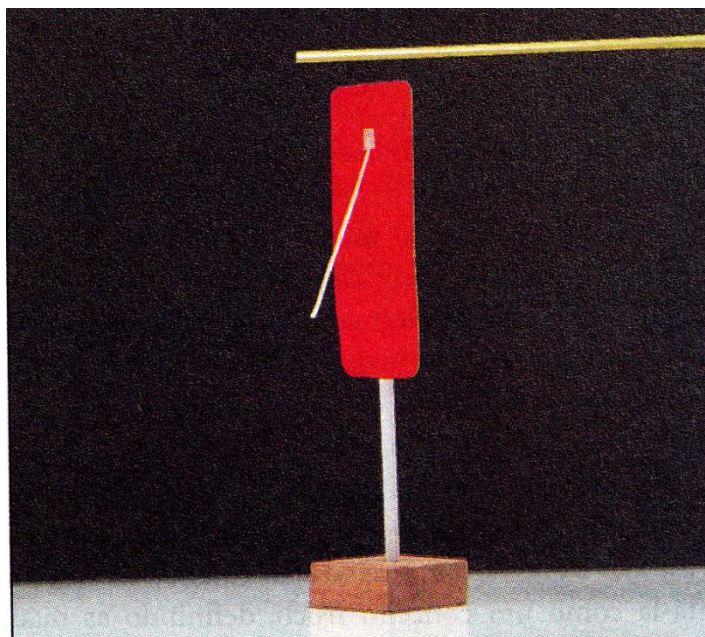


**Figura 2**

Exercício sugerido utilizando o eletroscópio de folhas, Gaspar (2011), p.407

Em outro trecho do livro, o texto apresenta um apêndice ensinando a construção dos experimentos apresentados anteriormente utilizando materiais de baixo custo. E sugere repetir a mesma atividade descrita anteriormente mas agora com o experimento.

Em alguns livros didáticos os autores se preocupam com a experimentação de baixo custo, em geral trazem como um apêndice ensinando como construí-los. Mas mesmo com a sugestão nos livros, a maioria dos professores não os utilizam em sala de aula e não propõe aos alunos para construir.



**Figura 3**

Imagem de um Eletroscópio feito com materiais de baixo custo, Gaspar (2011) p. 413

Não basta somente a utilização de experimentos em sala de aula, deve existir algo mais, o professor é de extrema importância no processo, pois a utilização de um experimento não garante por si só a aprendizagem. O professor deve estar atento ao momento que os alunos se mostram interessados, os olhos brilham, as dúvidas surgem, há interesse, suspense, para que essas emoções sejam utilizadas para o ensino.

### 3 – A SURPRESA

De acordo com o dicionário Michaelis Online<sup>2</sup> **surpresa** é:

**1** Ação ou efeito de surpreender ou de ser surpreendido. **2** Sobressalto proveniente de um caso imprevisto e rápido; admiração, pasmo, espanto. **3** Prazer inopinado que nos causa a vista de pessoa ou coisa agradável, com que não contávamos. **4** Acontecimento que sobrevém de repente. **5** Induzimento em erro. **6** Fato ou incidente inopinado. **7** Coisa que surpreende ou espanta. **8** Ação calculada com que se pretende agradar ou ser útil a alguma pessoa sem esta o prever nem o esperar; prazer inesperado que causamos a alguém. **9** Espécie de mutirão feito inesperadamente e seguido de tocata, canto e dança.

Além disso, no caso desse trabalho usamos a surpresa como algo positivo para o ensino (como despertar a curiosidade pelo conhecimento), mas há surpresas que pode ter aspectos negativos também (como ao despertar medo)<sup>3</sup>. Utilizamos experimentos que possam surpreender os alunos tanto pela beleza estética quanto pelo inesperado (os resultados apresentados não serem previstos por eles), mas relacionado ao conhecimento de Física que se pretende tratar, fazendo com que o aluno seja instigado a pensar e refletir sobre os fatos apresentados. Assim devemos tomar cuidado para que essas demonstrações não sejam somente um espetáculo experimental em sala de aula, mas que tenham um objetivo educacional por trás de cada experimento.

Utilizamos tais experimentos não somente como atrativos ao ensino, mas para permitir acesso ao conhecimento através deles (RAMOS, 1990).

O professor é um ponto importante nesse processo, pois primeiramente deve utilizar um experimento, em especial de baixo custo, o que já o “obriga” a sair de sua zona de conforto. E então deve proporcionar situações de surpresa nos alunos, que são estudadas previamente, ou seja, ele deve aprender situações de surpresa, e então ficar de olho nos alunos para identificar se ficaram surpresos, mas deve-se ter um jeito todo especial de surpreender os alunos, sem dizer que irá surpreendê-los. Deve ocorrer uma ruptura do

<sup>2</sup> <http://michaelis.uol.com.br/moderno/portugues/index.php?lingua=portugues-portugues&palavra=surpresa>, acessado em Janeiro de 2015.

<sup>3</sup> A surpresa pode ter aspectos negativos para o ensino, pois através de uma situação inesperada o aluno pode manifestar uma desordem mental, uma confusão intelectual. E isso pode gerar um bloqueio para a aprendizagem do aluno, uma vez que ele esteja encantado com o experimento, mas isso não é evoluído para uma reflexão. Ele não se interessa pelo ocorrido.

normal, uma motivação diferente a querer aprender. Não seria possível que toda aula seja trabalhada com a surpresa, ela deve fazer parte de algumas instigando os alunos a querer aprender.

### **3.1 Como identificar a surpresa boa para o ensino?**

É difícil afirmar com total certeza se os alunos ficaram surpresos ou não com uma experiência, mas existem alguns indícios que podemos prestar atenção e que nos ajudam a distinguir se há ou não surpresa. Existem dois principais tipos de manifestações, são elas: comportamentais ou verbais.

As manifestações comportamentais, podemos perceber através de comportamentos e expressões, por exemplo: olhares arregalados e brilhantes, mudança de fisionomia, ficam eufóricos.

Já as manifestações verbais, são as próprias falas dos alunos, como:

- “uau”!
- “Por quê?”
- “Como isso aconteceu?”
- “É mágica!”

Surgem várias dúvidas, eles pedem para repetir o experimento, querem mexer no experimento, o conhecimento é despertado e mostram sede em querer aprender.

E quando vamos analisar esses indícios em um grupo, podemos separar de duas maneiras: individual e coletiva. A individual é quando ocorre surpresa em uma parcela pequena do grupo, e a coletiva é quando ocorre numa grande parte dos alunos.

### **3.2 Curiosidade**

A curiosidade é muito importante para a humanidade. Bruner já em 1969 mencionava que a curiosidade é uma característica especial do ser humano:

...é a curiosidade quase o protótipo do motivo intrínseco (se referindo a aprendizagem) : nossa atenção é despertada para algo duvidoso, não terminado ou obscuro, mantendo-se concentrada até tê-lo certo, acabado ou esclarecido. Acha-se

satisfação, na obtenção da certeza ou penas em tentar obtê-la (BRUNER, 1969, p.133)

Para Paulo Freire, a curiosidade é a abertura do ser ao mundo, podendo deflagrar operações de raciocínio complexas:

O exercício da curiosidade convoca a imaginação, a intuição, as emoções, a capacidade de conjecturar, de comparar, na busca da perfilização do objeto ou do achado de sua razão de ser. [...] Satisfeita uma curiosidade, a capacidade de inquietar-me e buscar continua em pé. Não haveria existência humana sem a abertura de nosso ser ao mundo, sem a transitividade de nossa consciência. Quanto mais faço estas operações com maior rigor metódico tanto mais me aproximo da maior exatidão dos achados de minha curiosidade. (FREIRE, 2011, p.85)

Como salienta Freire, a curiosidade pode nos mover para a aprendizagem. Isso ocorre, por exemplo, quando nos atentamos a algo duvidoso, procuramos e investigamos fatores que estão por trás do objeto de interesse e os “porquês” de certos fenômenos que ocorreram, provocando então a nossa imaginação, a intuição, a emoção e outros sentidos.

Quanto mais curiosos somos, mais podemos explorar o mundo a nossa volta. Entretanto, como destaca Freire, quanto mais rigorosa essa curiosidade mais chegamos perto da aprendizagem.

Quando tratamos sobre o despertar da surpresa no aluno pretendemos mais do que meramente motivá-lo, desejamos iniciar um momento educacional em que o estudante também que ele fique curioso pelo conhecimento materializado no experimento. Assim, teríamos uma *surpresa* a serviço da *Educação*, do Ensino da Física, aproximando o estudante da possibilidade de conhecer mais conceitos, e, neste processo, também reconhecer sua capacidade de aprender.

Paulo Freire (2011) afirma que existem dois tipos de curiosidade, a ingênua e a epistemológica.

Pensar certo, em termos críticos, é uma exigência que os momentos do ciclo gnosiológico vão pondo à curiosidade que, tornando-se mais e mais metodicamente rigorosa, transita da ingenuidade para o que venho chamando *curiosidade epistemológica*. A curiosidade ingênua, de que resulta indiscutivelmente um certo saber, não importa que metodicamente desrigoroso, é a que caracteriza o senso comum. O saber de pura experiência feito. Pensar certo, do ponto de vista do professor, tanto implica o respeito ao senso comum no processo de sua necessária superação quanto o respeito e o estímulo à capacidade criadora do educando. Implica o compromisso da educadora com a consciência crítica

do educando, cuja “promoção” da ingenuidade não se faz automaticamente. (FREIRE, 2011, p.31)

Como salientado por Freire, os dois tipos de curiosidade (ingênua e epistemológica) não se diferem na sua natureza, mas sim em suas qualidades. Pois a curiosidade sempre se inicia pela ingênua, que é mais simples e menos rigorosa, é o primeiro fascínio. Mas para que se obtenha a curiosidade epistemológica é necessário um salto, uma criticidade maior, gerando um pensamento crítico no aluno.

Para Freire (2011) esse salto entre a curiosidade ingênua e a epistemológica ocorre por superação e não por ruptura:

A superação e não a ruptura se dá na medida em que a curiosidade ingênua, sem deixar de ser curiosidade, pelo contrário, continuando a ser curiosidade, se critica [...] Na verdade, a curiosidade ingênua que, “desarma”, está associada ao saber do senso comum, é a mesma curiosidade que, criticizando-se, aproximando-se de forma cada vez mais metodicamente rigorosa do objeto cognoscível, se torna curiosidade epistemológica. Muda de qualidade mas não de essência (Freire, 2011, p. 32 e 33)

A superação para a curiosidade epistemológica não se dá automaticamente, é necessário algo que a impulsiona. E quanto mais ela é estimulada mais ela se intensifica.

O exercício da curiosidade a faz mais criticamente curiosa, mais metodicamente “perseguidora” do seu objeto. Quanto mais a curiosidade espontânea se intensifica, mais sobretudo, se “rigoriza”, tanto mais epistemológica ela vai se tornando (Freire, 2011. p. 84,45)

Esse salto da curiosidade ingênua para epistemológica se dá pela interação que o professor faz com o experimento e os alunos, se o professor somente mostrasse o eletróforo e já desse a explicação sem instigar os alunos, ou se mostrasse para que os alunos se divertissem com o choque, os alunos sentiriam uma curiosidade epistemológica, que iria acabar logo e não contribuir para a aprendizagem significativa.

A curiosidade que pretendemos com esse trabalho é a curiosidade epistemológica, ela nasce da superação da curiosidade ingênua, ocorre quando se torna mais rigorosa, crítica, mudando as duas qualidades e não a essência. Mas para que ela ocorra, é necessário que o professor conduza essa mudança da curiosidade.

### **3.3 O papel do professor**

Como discutido por Ramos (1990, 1997) para o lúdico, enxergamos que no caso do aproveitamento da surpresa como ferramenta epistemológica para o Ensino de Física, considero que o professor precisa ir além do papel tradicional, de expositor de conhecimento e aplicador de regras, para um papel mais profundo que envolva estimular, organizar e tornar curioso o processo de aprendizagem dos alunos, permitindo então um acesso ao conhecimento e ao desenvolvimento do aluno de modo mais interessante e lúdico.

O professor deve estar atento a qualquer sinal de surpresa e curiosidade dos alunos, para que possa aproveitar isso e instigar o aluno a querer aprender, principalmente em nosso caso, Física. Assim, para um ensino com surpresas epistemológicas, deve estar atento ao material, a forma de apresentá-lo e principalmente a reação dos estudantes.

O dialogo entre professor e aluno é de extrema importância, pois para que a curiosidade do aluno *salte* de ingênua para epistemológica, no processo de superação mencionado por Freire, é necessário que o professor ajude a ocorrer esse salto.

Podemos citar duas situações onde os dois tipos de curiosidade aparecem, quando da utilização do eletróforo de pizza:

- quando os alunos observam a demonstração do eletróforo e não perguntam (ou não procuram saber o porquê os papeis saltam para fora ou recebem uma descarga elétrica), aqui podemos ver uma manifestação da curiosidade ingênua, pois eles somente observaram, acharam interessante e bonito, mas não se interessaram em entender o fenômeno. Quando isso acontece não se manifestou a surpresa epistemológica que desejamos. Para isso cabe ao professor ser o intermediador do conhecimento, e dialogando com os alunos, procurar despertar a curiosidade epistemológica, com questões suplementares ou sugerindo que eles mesmos interajam com o material experimental.
- Podemos observar também, a situação onde os alunos ficam imediatamente tão maravilhados com a demonstração, e eles por si só começam a perguntar sobre o ocorrido, e tentam desvendar o mistério. Nesse caso cabe ao professor também intermediar o conhecimento,



mas deixando que os alunos tentem chegar à explicação, expondo as suas hipóteses, e as testando para ver se condizem com a explicação correta do fenômeno.

Em ambos os casos, o diálogo do professor com os estudantes é muito importante, pois como afirma Freire (1983):

Se a educação é dialógica, é obvio que o papel do professor, em qualquer situação é importante. Na medida em que ele dialoga com os educandos, deve chamar a atenção destes para um ou outro ponto menos claro, mais ingênuo, problematizando-os sempre. Por quê? Como assim? Que relação vê você entre a sua afirmação feita agora e a se seu companheiro 'A'? Haverá contradições entre elas. Por quê? (Freire, 1983, pg.35)

### **3.4 Por que o eletróforo?**

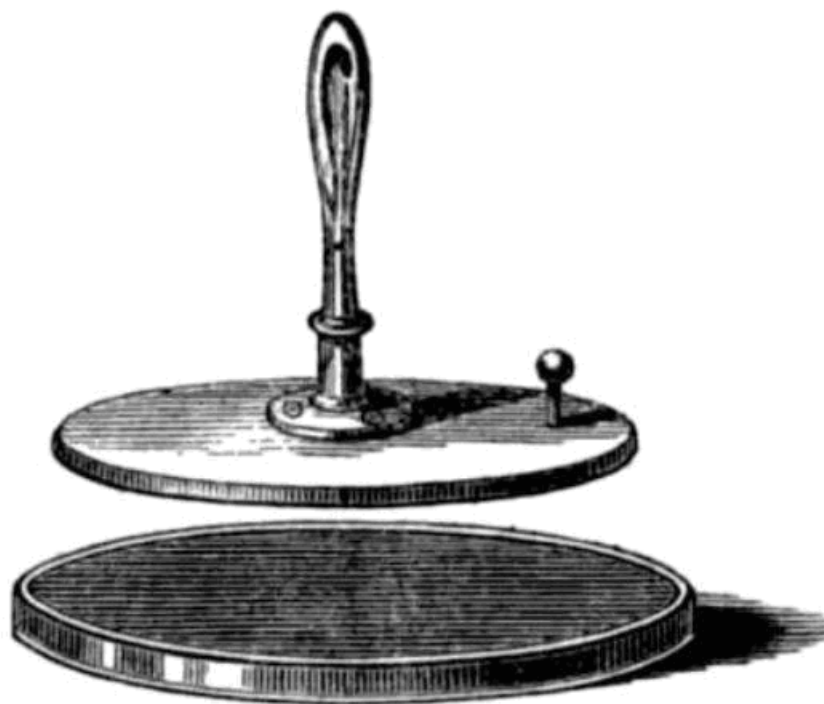
Escolhemos o eletróforo, pois primeiramente para mim ele causou surpresa, pois na oficina que estava sendo realizada por bolsistas do PIBID, quando colocamos os pedaços de papel em cima da forma não esperávamos que eles fossem todos saltar para fora, e não tínhamos uma explicação para falar para os alunos na hora que aconteceu, instigando minha própria curiosidade epistemológica, tive que estudar, e demonstramos para os outros bolsistas do PIBID que também se surpreenderam com o fenômeno, e hoje é uma das demonstrações utilizadas pelo grupo que causa mais interesse e surpresa nas pessoas. E então surge a pergunta, seria esse fenômeno com o eletróforo, aliado a surpresa e curiosidade epistemológica e com o professor um importante meio para se ensinar Física ?

Os fatos surpreendentes dele são:

- a) Descarga elétrica que ocorre entre o dedo e o disco metálico do Eletróforo enquanto ele esta em contato com a placa de PVC;
- b) Segunda descarga elétrica que ocorre entre o dedo e o disco metálico depois que levantamos o Eletróforo da placa;
- c) Pelo fato da Eletrização do Eletróforo ocorrer por indução;
- d) Pela eletrização ocorrer com materiais de baixo custo e que fazem parte do cotidiano dos alunos.
- e) E especialmente no momento que os papéis saltam para foro do Eletróforo.

## 4 – ELETRÓFOROS – ALGUNS ASPECTOS RELEVANTES

O eletróforo é constituído essencialmente por duas partes: a primeira é uma base de material isolante que seja eletrizável e a segunda é o disco metálico e um cabo isolante, que é fixado na região central do disco. A Figura 4 mostra esquematicamente como é o eletróforo de Volta:



**Figura 4**  
Figura esquemática do Eletróforo de Volta<sup>4</sup>

Embora haja controvérsias quanto a invenção do eletróforo normalmente ele conhecido na literatura de Física como Eletróforo de Volta<sup>5</sup>.

Para a invenção do eletróforo precisou-se combinar a ideia de que a resina retinha a eletricidade por mais tempo do que outros materiais (como o vidro) e o fato de que uma placa de metal e um isolante carregado, quando manipulados poderiam produzir muitas faíscas sem “enfraquecer” a eletricidade.

---

<sup>4</sup> Reproduzido de Wikipédia

[http://pt.wikipedia.org/wiki/Eletr%C3%B3foro#mediaviewer/File:Electrophorus\\_device.png](http://pt.wikipedia.org/wiki/Eletr%C3%B3foro#mediaviewer/File:Electrophorus_device.png)

<sup>5</sup> Há uma polémica sobre a origem exata da invenção do eletróforo, se foi Alessandro Volta (1745-1827) mesmo quem o inventou ou se foi Johann Carl Wilcke (1732-1796) na Suécia alguns anos antes, mas foi Volta quem estudou e talvez tenha popularizado esse gerador eletrostático. (Site do instituto de Física, pertencente a Universidade Federal do Rio Grande do Sul ,acessado em Fevereiro de 2015) <http://www.if.ufrgs.br/fis/EMVirtual/crono/crono.htm>

Para inventar o eletróforo, o mais fascinante dispositivo elétrico desde a garrafa de Leiden, Volta precisou apenas combinar o *insight* de que a resina retinha a eletricidade por mais tempo do que o vidro e o fato (...) de que uma placa de metal e um isolante carregado, quando manipulados adequadamente, podem produzir muitas faíscas sem enfraquecer a eletricidade (...) Depois de muitas tentativas, Volta verificou que um isolante feito com três partes de terebintina, duas partes de resina e uma parte de cera correspondia perfeitamente ao que precisava; em junho de 1775 ele informou Priestley da invenção de um *elettroforo perpetuo* que 'eletrificado apenas uma vez, rápida e moderadamente, nunca perde a eletricidade, e, embora repetidamente tocado, preserva obstinadamente a intensidade dos sinais' (HEILBRON, J. L. in GILLISPIE, 2007, p. 2554).

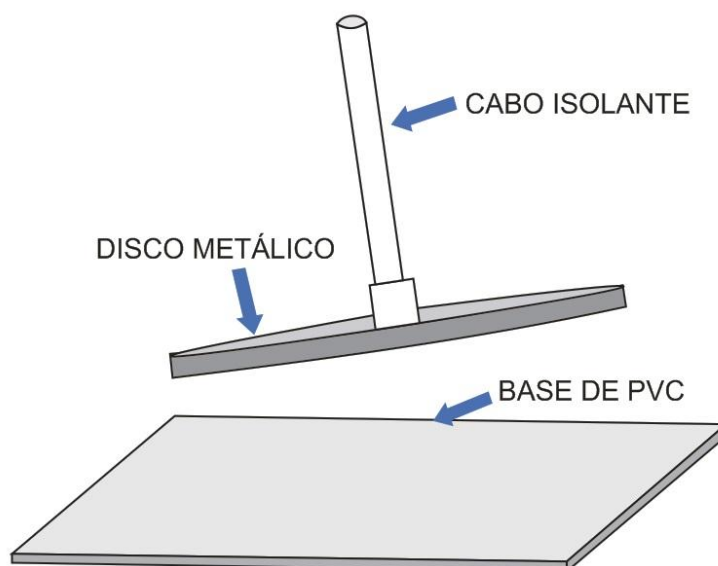
Interessante mencionar uma curiosa coincidência, em vista dos pressupostos deste trabalho, que:

Volta (...) sem ter acesso a aparelhos usuais; forçado a inventar sucedâneos baratos, começou a desenvolver a engenhosidade para construir instrumentos de baixo custo e eficientes, comportamento que caracterizou sua carreira. (HEILBRON, J. L. in GILLISPIE, 2007, p. 2553)

Na época em que foi inventado, a finalidade do eletróforo era produzir grandes eletrizações acumuladas (um gerador eletrostático). Para avaliar as eletrizações assim obtidas utilizava-se o comprimento das centelhas produzidas. (MEDEIROS, 2002)

O eletróforo foi um importante ponto de partida para uma nova geração de máquinas eletrostáticas, substituindo então as máquinas usuais da época que funcionavam por atrito. O "duplicador de Bennet" foi a primeira tentativa de automatizar o eletróforo, sendo a primeira máquina eletrostática utilizando a eletrização por indução. (MEDEIROS, 2002)

O eletróforo utilizado nesse trabalho é o eletróforo de pizza, proposto por (FERREIRA e RAMOS, 2008) com o uso de materiais de baixo custo, como representado na figura a seguir.



**Figura 5**

Conjunto do Eletróforo de Pizza, segundo Ferreira e Ramos (2008).

Os materiais utilizados foram: uma placa de PVC para a base, uma forma de pizza, um tubo de PVC colado no meio da forma. Para o processo de eletrização da base utiliza-se papel higiênico. Detalhes se encontram no Apêndice 1.

#### **4.1 Operando o experimento**

Como mencionado, o eletróforo é um gerador eletrostático. Seu funcionamento é baseado na eletrização por atrito (da base) e na eletrização por indução da parte móvel (o disco).

Inicialmente eletriza-se a base (a placa de PVC) por atrito utilizando um pedaço de papel higiênico. Na próxima etapa segurando pelo cabo, ou seja, o cano de PVC, e o colocamos em cima da base previamente eletrizada. Após colocar o disco sobre a base eletrizada, uma pessoa eletricamente aterrada pode tocar com um dos dedos o disco metálico, aterrando então o disco, ocorrendo a eletrização do Eletróforo. Em algumas ocasiões esse processo é tão intenso que pode-se ouvir um estalo e a pessoa que aterrou eletricamente o disco receber uma pequena descarga elétrica.

Nesta situação a base de PVC mantém sua carga inicial e o disco aterrado foi eletrizado pelo toque da mão.

Para mover o disco eletrizado deve-se segurar no cabo do Eletróforo e levantá-lo da base de PVC. Com o disco eletrizado, podemos eletrizar por contato outros corpos ou efetuar descargas elétricas com a parte metálica do eletróforo e corpos eletrizáveis. Importante mencionar que nesta situação, qualquer toque no disco ou aproximação de corpos condutores de eletricidade a distâncias muito pequenas já será suficiente para retirar a carga elétrica conseguida inicialmente.

Para recarregar novamente o eletróforo, basta colocar a parte metálica em cima da base de PVC e tocar (aterrar) novamente no disco metálico. Ao levantar o disco da base PVC, observa-se o mesmo efeito que anteriormente. Ao contrário do momento inicial não é necessário atritar novamente a base de PVC com o papel higiênico, pois as cargas da primeira eletrização por atrito permanecem na placa de PVC (que é isolante elétrica), só se perdendo pelo contato com o ar após alguns minutos.

Na descrição de HEILBRON (GILLISPIE, 2007) do gerador de Volta, vê-se a similaridade dos dispositivos:

O dispositivo [Heilbron descreve o *elettroforo perpetuo*] consistia em um prato de metal contendo um bolo dielétrico e em uma leve armadura de madeira recoberta com folha de estanho arredondado para remover todos os cantos, e ligada a um cabo isolante. O bolo é primeiramente carregado, digamos que negativamente, por esfregamento. A armadura é então colocada sobre ele e momentaneamente aterrada, carregando-se assim positivamente, por indução. A armadura pode então ser removida e a carga transmitida, digamos, ao gancho de uma garrafa de Leiden; então é recolocada, tocada e mais uma vez levada ao gancho. (HEILBRON, J. L. in GILLISPIE, 2007, p. 2554)

A maneira com o eletróforo é utilizado usualmente é esta citada acima, mas para esse trabalho realizamos uma variação. Em cima da forma de alumínio picamos vários pedaços pequenos de papéis antes de eletriza-la, e então repetimos os mesmos passos anteriores, eletrizamos a placa de PVC por atrito utilizando o papel higiênico, e então colocamos a forma em cima da placa segurando pelo cabo (cano de PVC). Com o dedo aterramos a forma, e ela fica então carregada pela eletrização por indução. Como os papéis estão em contato com a forma eles se carregam por contato. E quando levantamos a forma segurando pelo cabo, os papéis saltam para fora, por causa da repulsão elétrica.



**Figura 6**  
Eletróforo com a montagem utilizada nesse trabalho

#### **4.2 Eletróforo e o modelo físico para a eletrização observada**

As diferentes manifestações elétricas mencionadas podem ser explicadas lançando-se mão de modelos que embora simplificados são bastante úteis para entender os fenômenos observados. Em tais modelos a eletricidade é uma propriedade inerente da matéria, e representamos as cargas elétricas de um corpo a partir de cargas positivas ou negativas. Em tais modelos podemos considerar que toda a matéria é constituída por átomos que geralmente são eletricamente neutros. Cada átomo é constituído por um núcleo, que contem em seu interior prótons e nêutrons, e ao seu redor elétrons<sup>6</sup>.

Os prótons possuem carga elétrica positiva, os nêutrons não possuem carga e os elétrons possuem carga elétrica negativa. Os prótons se localizam no núcleo, e ao redor no núcleo existe uma quantidade idêntica de elétrons, deixando então o átomo com carga resultante nula, ou neutra. A carga do próton e do elétron são iguais em módulo, sendo:  $e = 1,602177 \times 10^{-19}$

<sup>6</sup> No modelo utilizado atualmente, das partículas elementares, os prótons e nêutrons são constituídos por partículas fundamentais chamadas de quarks, que possuem cargas de  $+\frac{1}{3}e$  ou  $+\frac{2}{3}e$ , onde  $e$  é a carga elétrica elementar de um elétron ou próton. Apenas são conhecidas as combinações dessas partículas que resultam em cargas de  $\pm Ne$  ou  $0$ . Mas para a física referente a esse trabalho, serão necessários somente os prótons, elétrons e neutros (Typler e Mosca, 2006)

Coulomb (C) a unidade fundamental de carga elétrica. Todas as cargas elétricas ocorrem na forma de um múltiplo inteiro de  $e$ . (TIPLER e MOSCA, 2006)

Além dessas características, outras são igualmente fundamentais para que nosso modelo possa nos auxiliar no entendimento de fenômenos elétricos:

- Cargas de mesmos sinais se repelem e de sinais opostos se atraem;
- Elétrons, prótons e nêutrons de todos os átomos são iguais;
- A carga elétrica é quantizada, ou seja, só se manifestam em múltiplos inteiros de uma quantidade fundamental. Dessa forma qualquer carga pode ser descrita como:  $Q = N \times e$ , sendo  $Q$  a quantidade elétrica do corpo,  $N$  a números de elétrons perdidos ou adquiridos,  $e$  = valor da carga elementar
- A carga elétrica total de um sistema eletricamente isolado é constante, se conservando; Quando dizemos que um corpo está negativamente carregado, isso significa que a quantidade de elétrons presentes é maior que de prótons. E quando positivamente carregado a quantidade de elétrons é menor que a de prótons;
- Para as atividades de eletrização consideraremos principalmente a troca de elétrons entre os corpos, uma vez que os prótons são dificilmente acessíveis, por estarem nos núcleos atômicos.

Inicialmente, para o funcionamento do eletróforo de pizza, atritamos a placa de PVC, estamos promovendo uma eletrização por atrito. Uma das características da eletrização por atrito é que podemos, a partir de dois corpos que inicialmente estão eletricamente neutros, obter dois corpos com cargas elétricas opostas. O que importa nesse tipo de eletrização é a proximidade entre as superfícies de contato, ou seja, a qualidade do contato entre as superfícies melhora o processo de eletrização, proporcionando melhor contato obtido no atrito, e não o vigor obtida por essa fricção. (GASPAR 2009).

Nem todo par de objetos atritados se eletriza, é necessário que tenham diferentes tendências para reter ou ceder cargas elétricas. A série triboelétrica é uma das formas de registro dessa afinidade elétrica, quando nos referimos a eletrização por atrito. Quanto mais perto da perto inferior da tabela, maior será sua afinidade com os elétrons. Se dois materiais forem colocados em contato,

os elétrons serão transferidos do material mais acima para o mais abaixo na tabela.

### A Série Triboelétrica

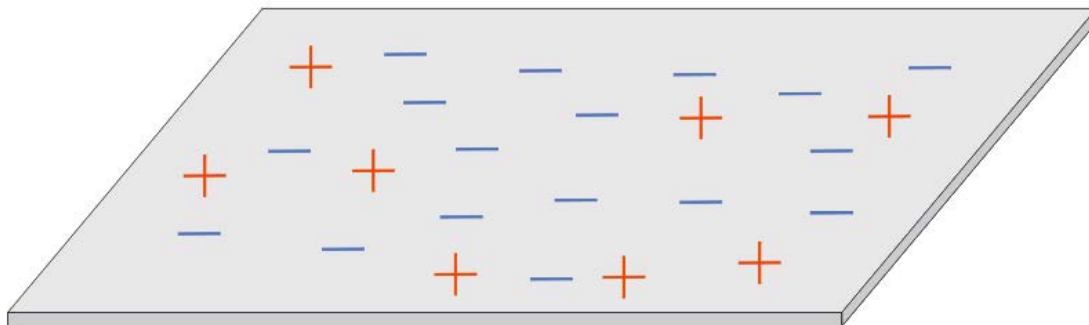
(+) Extremidade Positiva da Série
Amianto
Vidro
Náilon
Madeira
Couro
Prata
Alumínio
Papel
Algodão
Aço
Plástico
Níquel e cobre
Bronze e prata
Borracha sintética
Orlon (tipo de acrílico)
Saran (tipo de plástico)
Polietileno
Teflon
Borracha de silicone
(-) Extremidade Negativa da Série

**Figura 7**

Série Triboelétrica - Typler e Mosca, p.2

Para observarmos a eletrização por atrito os materiais utilizados – pelo menos um deles – deve ser isolante elétrico ou estarem isolados eletricamente da terra. É isso que acontece entre a placa de PVC e o papel higiênico. Quando atritamos o papel higiênico na placa de PVC, ambos ficam eletrizados, entretanto a placa de PVC mantém o estado de eletrização e o papel higiênico não. A placa fica eletrizada por ser isolante elétrica (se mantém carregada) e o papel higiênico não.





**Figura 8**

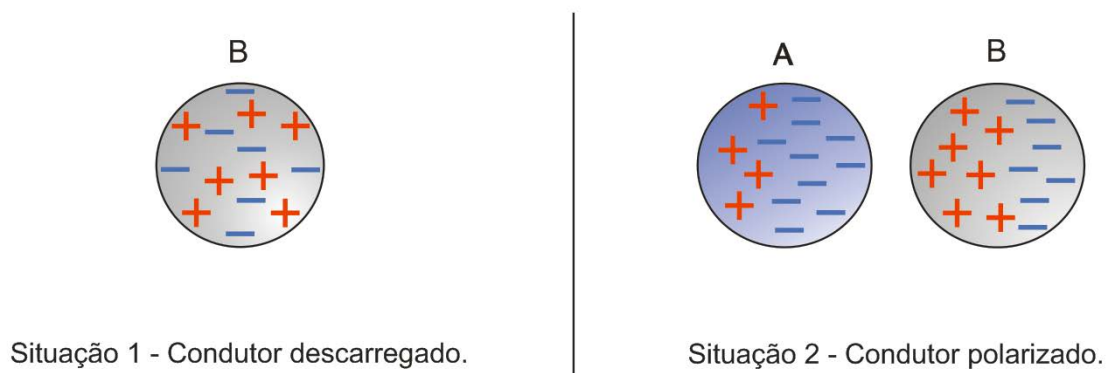
Placa de PVC após a eletrização por atrito

Após eletrizarmos a placa de PVC apoiamos o disco de pizza sobre a mesma, entretanto isso não provoca sua eletrização, uma vez que o PVC é isolante elétrico e não cede ou recebe elétrons, considerados em nosso modelo as cargas mais “fáceis” de serem trocadas entre os corpos. Embora não ceda cargas ao disco metálico a base de PVC eletrizada provoca no disco uma polarização, um deslocamento de cargas em seu interior. Neste caso a base de PVC se comporta como um indutor.

Quando aproximamos um corpo previamente eletrizado (indutor) de um condutor que está neutro (induzido), este gera no condutor uma polarização das cargas. Se o indutor estiver eletrizado positivamente, ocorrerá uma separação das cargas, uma maior quantidade de cargas negativas do condutor irá se aproximar das cargas positivas do corpo eletrizado, e do outro lado do condutor irá ficar com uma quantidade menor de elétrons, portanto, com uma maior quantidade de prótons. Assim, neste momento, embora o condutor ainda continue neutro como um todo, houve uma polarização elétrica.

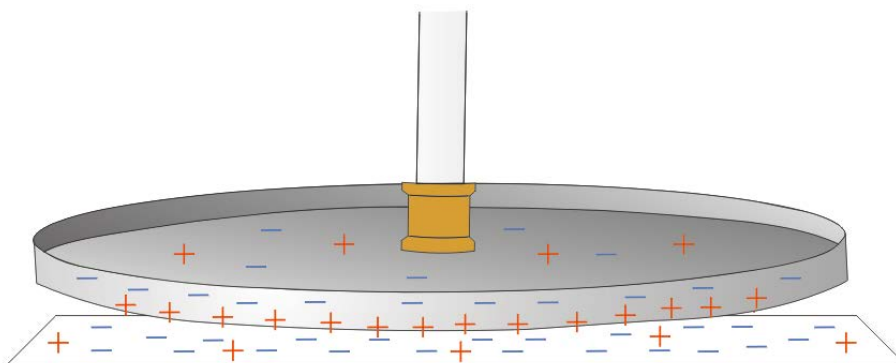
Raciocínio semelhante pode ser feito se o indutor estiver carregado negativamente. Neste caso, os elétrons presentes no condutor irão se mover para o outro lado do corpo, ficando com uma maior quantidade de prótons do lado localizado perto do indutor, gerando então uma indução eletrostática.

A figura 9 mostra esquematicamente como se dá o arranjo das cargas em um corpo B condutor quando o indutor A esta carregado negativamente.



**Figura 9**  
Esquema da indução eletrostática

Quando colocamos a parte metálica do eletróforo em cima da base de PVC, ocorre, indução eletrostática.



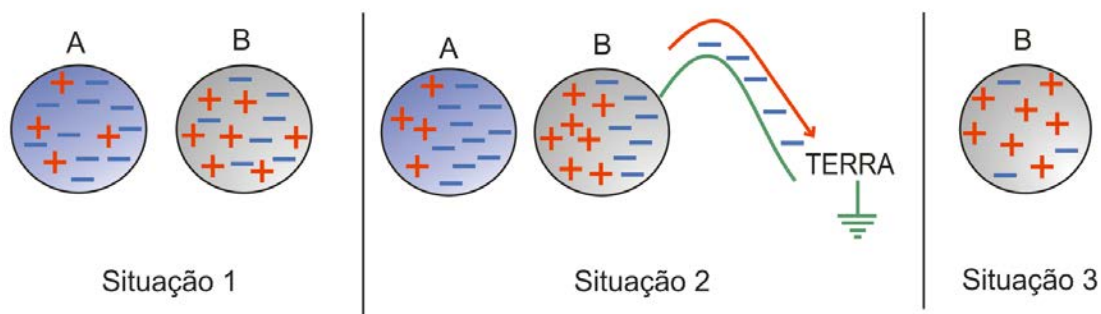
**Figura 10**  
Indução eletrostática

Supondo que a placa de PVC estava carregada com carga negativa, ao colocar a parte metálica do eletróforo sobre a placa ocorre uma polarização de cargas. Como supomos que o indutor elétrico (placa de PVC) estava carregado negativamente, a separação de cargas do induzido (parte metálica) acontece da seguinte forma: a maioria das cargas negativas se move para a parte superior da forma (região mais distante da placa negativa) e em consequência há um maior acúmulo de cargas positivas em baixo.

É importante mencionar que a indução promove a polarização mas não carrega eletricamente o disco metálico. Para que ocorra a eletrização, o corpo induzido deve estar ligado temporariamente a Terra ou a um corpo maior que altere sua carga, fornecendo ou retirando elétrons. Caso não haja o

aterramento elétrico, o induzido só estará eletricamente polarizado na presença do indutor. Pode-se fornecer ou receber elétrons dependendo de onde aterrarmos o corpo, lembrando-se da regra de que cargas de mesmos sinais se repelem e de sinais opostos se atraem. Se tocarmos o disco na região onde há mais elétrons, possivelmente retiraremos tal excesso de carga, tornando o disco eletricamente positivo, com carga oposta ao indutor.

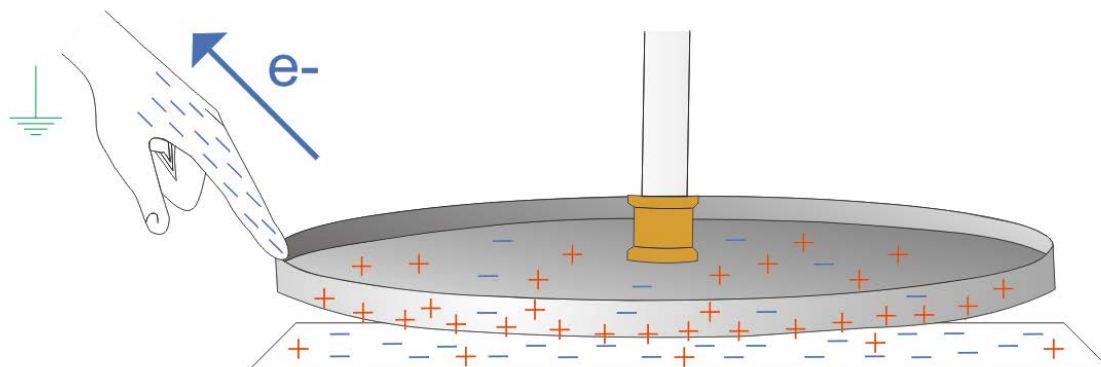
A figura 11 mostra esquematicamente, como se dá esse processo.



**Figura 11**

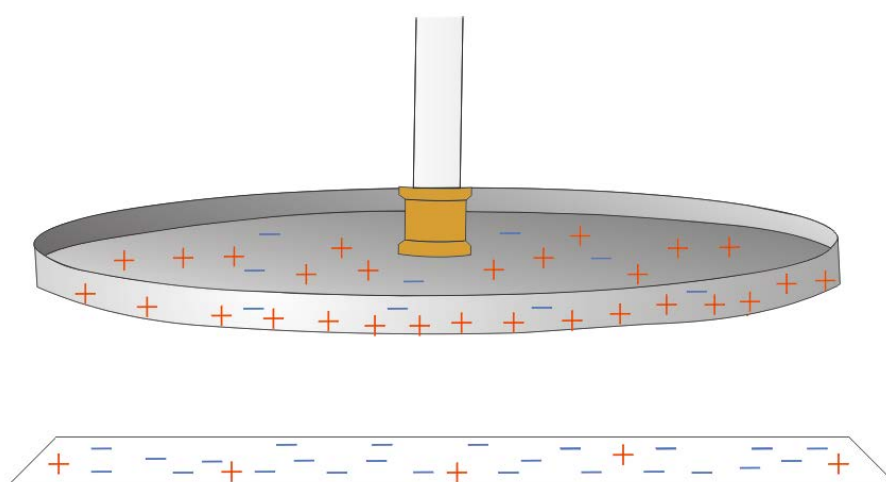
Esquema da eletrização por indução. A- indutor, B induzido

No eletróforo, a eletrização por indução ocorre quando tocamos com o dedo a parte superior da parte metálica. Ao tocar há o aterramento, oportunidade em que até mesmo podemos perceber uma pequena descarga elétrica. É nesse momento que eletrizamos o eletróforo. Se considerarmos que essa parte está com cargas negativas (com elétrons que estavam alojados na parte superior do eletróforo), consideraremos que eles passam por nosso corpo e são levados até a Terra, ou seja, nosso corpo se torna o meio de os elétrons fluírem do eletróforo para a Terra, aterrando o eletróforo. Agora o eletróforo está carregado eletricamente com a carga oposta a do indutor.



**Figura 12**  
Aterrando o Eletróforo

Com o disco agora carregado por indução podemos utilizá-lo para eletrizar outros corpos condutores, simplesmente pelo contato com o disco. É a eletrização por contato. Como o nome já diz, essa eletrização ocorre por contato direto entre os corpos. Para que ela aconteça, é necessário que um dos corpos esteja eletricamente carregado e o outro neutro e que pelo menos um deles seja condutor. Ao encostar o corpo carregado, supondo que este esteja carregado positivamente, no corpo neutro ocorre passagens de elétrons do corpo neutro para o carregado positivamente. E isso continuara ocorrendo até que os dois corpos fiquem com o potencial elétrico igual, ou seja, com a mesma densidade de carga.

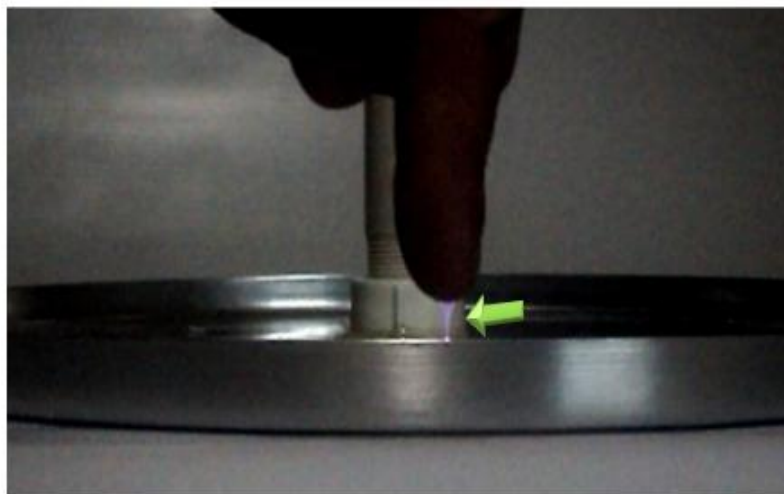


**Figura 13**  
Eletróforo carregado

Mas há também outro fenômeno que estudamos com o eletróforo carregado. Em vista da elevada voltagem conseguida neste experimento didático pode-se observar centelhamento, decorrente da ruptura dielétrica

Quando o módulo do campo elétrico no ar excede um valor crítico  $E_c$ ,  $10 \times 10^6$  V/M, o ar seco sofre uma ruptura dielétrica, processo no qual o campo elétrico arranca elétrons dos átomos que compõem o ar. Com isso, o ar se torna um condutor de corrente elétrica, já que os elétrons colidem com outros átomos do ar, fazendo com que emitam luz. Podemos ver que o caminho percorrido pelos elétrons graças a luz emitida o qual recebe o nome de centelha. (Halliday e Resnick, 2012)

A ruptura dielétrica pode ocorrer em dois momentos no eletróforo. O Primeiro é na eletrização por indução, quando aterrmos as cargas negativas. E também após levantar o eletróforo da base, e tocar novamente nele, ele irá descarregar em nosso corpo novamente, e podemos ver pequenas centelhas do nosso dedo até o eletróforo.

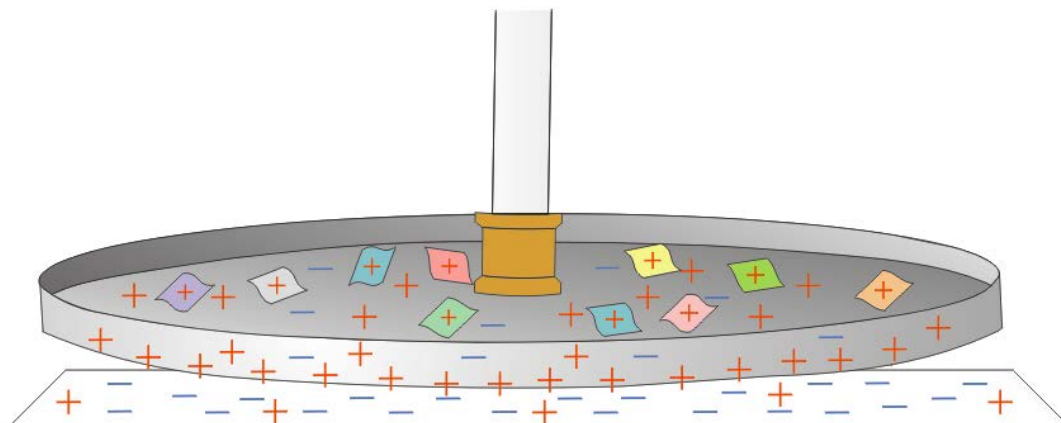


**Figura 14**  
Ruptura dielétrica ocorrida com o Eletróforo  
reproduzido de Reiss (2011).

### ***4.3 Os papéis saltitantes em nosso eletróforo***

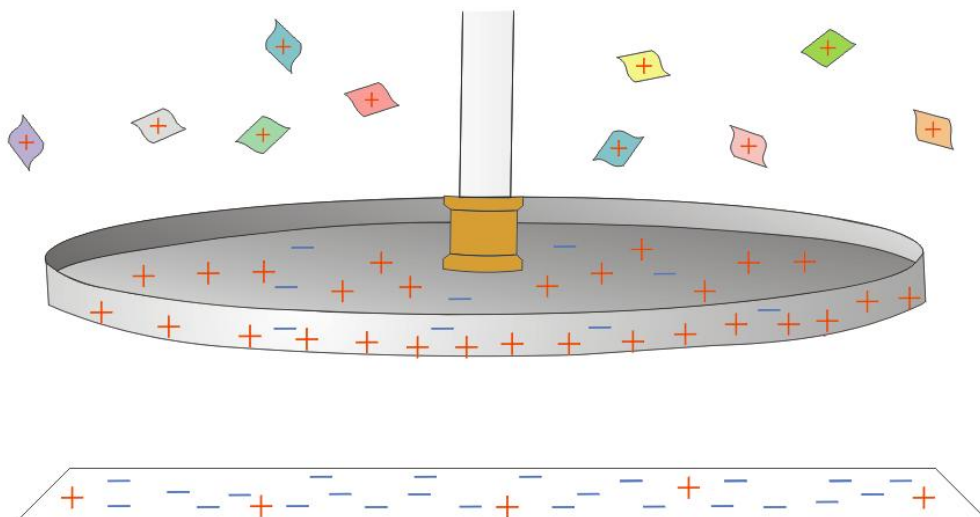
No caso usado nesse trabalho há uma variação importante. Colocamos pedaços pequenos de papéis picados em cima da forma. Tais papéis, na voltagem que trabalhamos, se comportam como condutores de eletricidade e se comportam como parte do conjunto do disco metálico.

No caso que relatamos, o disco ficou eletricamente positivo. Os papéis ali depositados também, pois se carregaram por contato durante a indução.



**Figura 15**  
Eletrização dos papéis no Eletróforo

Ao levantarmos o eletróforo da base, podemos notar que os papéis começam a saltar para fora do eletróforo. Isso acontece pois ao retirar o conjunto da placa de PVC indutora perturbamos o equilíbrio de cargas do eletróforo. Sem a presença do indutor, altera-se a condição de polarização elétrica, e todo o conjunto disco e papéis passam a ter uma distribuição uniforme de cargas elétricas. Assim ao levantarmos o disco de pizza da base temos somente as cargas do eletróforo e dos papéis. Como ambos estão carregados positivamente e sabendo que cargas de mesmos sinais se repelem, ocorre uma repulsão entre as cargas positivas, os papéis “saltam” por repulsão elétrica. É este motivo afinal para que os papéis saltam para fora do eletróforo, no momento em que retiramos o disco da base, causando a surpresa aos observadores.



**Figura 16**  
Papéis saltando para foro do Eletróforo

## **5 – O ELETRÓFORO: SURPRESAS E AS ATIVIDADES DE ENSINO DE FÍSICA**

As observações e atividades relatadas nesse trabalho foram realizadas no âmbito de atividades didáticas por mim realizadas e vivenciadas em escolas de Educação Básica do município de Rio Claro.

Minhas atividades de formação de professores de Física, na Licenciatura da UNESP Campus de Rio Claro foram realizadas durante o Estágio Supervisionado na disciplina de Prática de Ensino e Estágio Supervisionado e bem como em minhas atividades como bolsista no programa PIBID. A primeira atividade foi uma oficina realizada por bolsistas do projeto PIBID e a segunda foi uma atividade em sala de aula.

Mas o estudo sobre a surpresa e o Eletróforo se estendeu a outras ocasiões. Uma delas em especial foi a exposição do PIBID, no evento Semana Nacional de Ciência e Tecnologia, aberto a população em geral do município de Rio Claro, organizado pelos Institutos de Biociências e Instituto de Geociências e Ciências Exatas, ocorrida em 2014.

Neste evento, bolsistas do projeto PIBID Física expuseram os experimentos de eletrostática. O Eletróforo de pizza em especial chamou a atenção das pessoas, tanto das crianças como de adultos. Também observamos, mesmo fora das escolas, a mesma reação de surpresa quando os papéis saltavam para fora do disco de alumínio e quando sentiam um pequeno choque, e perguntavam o porquê isso acontecia.

### ***5.1 Relato da oficina realizada***

A oficina de Física foi realizada por bolsistas do projeto PIBID RC, compreendendo três dias no período da tarde que era inverso das aulas. Foram convidados alunos de todos os anos do Ensino Médio, mas houve participação somente dos alunos do primeiro e segundo ano. Como esses alunos não estudam eletricidade antes do terceiro ano do Ensino Médio, eles ainda não haviam visto esses conteúdos em sala de aula.

O tema escolhido foi a Eletrostática, e em cada oficina os alunos construía experimentos de baixo custo e, por meio do funcionamento deles,



discutiamos os conceitos físicos. Os experimentos trabalhados foram: pêndulo eletrostático simples e duplo, vetor eletrostático, eletroscópio de folhas, igreja de Faraday e eletróforo.

<b>Data</b>	<b>Experimentos abordados</b>
9/09/2014	Canudinho, Pêndulo Simples e Duplo, Vetor Eletrostático
16/09/2014	Eletroscópio de Folhas e Igreja Eletrostática
23/09/2014	Eletróforo e Gaiola de Faraday

**Quadro 1**  
Oficinas realizadas



**Figura 17**  
Foto da oficina realizada com o Pêndulo simples



**Figura 18**  
Foto da oficina realizada com o Eletróforo

O encontro que abordou o eletróforo de pizza foi a última, de forma que os alunos já haviam visto os conceitos que iriam ser abordados com o eletróforo.

Inicialmente expliquei o material que o eletróforo é constituído, e relembramos a condutibilidade dos materiais. Então mostrei o funcionamento do experimento, e pedi ajuda dos alunos para demonstrar o funcionamento.

Eles já ficaram surpresos ao manusear o experimento, pois quando encostaram na base do eletróforo e receberam um pequeno choque. Repetimos algumas vezes as eletrizações do experimento,. Depois que todos participaram, perguntei o que estava acontecendo e o porquê de receber o choque.

A eletrização da placa de PVC por atrito foi identificada corretamente, mas a eletrização do disco não, pois a hipótese inicial foi de que se eletrizava por contato. Para problematizar essa observação, realizamos novamente os passos da eletrização do eletróforo, mas dessa vez sem encostar o dedo no disco enquanto ele estava em cima da placa e verificamos que o disco de metal não carregava, mostrando que a hipótese inicial estava errada. Os alunos começaram a formar novas hipóteses, até que, após discussões, chegamos a explicação correta.

Propus então uma mudança no experimento: coloquei pedaços pequenos de papel picado em cima do disco e realizamos novamente a eletrização. Ao levantar o eletróforo os papéis saltaram para fora os alunos ficaram novamente muito surpresos e uma discussão sobre o porquê desse fenômeno foi iniciada. Os alunos ficaram bem empolgados e começaram a participar mais ativamente da discussão.

Depois dessa conversa, chegamos a um novo modelo, com a resposta correta. Mesmo assim os alunos quiseram tentar realizar o experimento. Foram organizados grupos de alunos e um por vez realizou o experimento.

Importante mencionar que os estudantes não se contentaram em apenas entender a explicação do novo fenômeno, mas especialmente manusear o equipamento, uma manifestação do que Ramos aponta como apropriação lúdica do experimento.

Outro fato importante aconteceu durante essa observação. Normalmente alunos deseja “escapar” da obrigação de assistir aula. No caso do eletróforo

aconteceu ao contrário: enquanto realizamos a oficina, alguns alunos que estavam na escola (mas não estavam participando da oficina) ficaram curiosos com a movimentação que estava acontecendo na sala de aula. Então nós os convidamos para entrar e os alunos que já haviam realizado a demonstração repetiram a realização do experimento e explicaram os conceitos abordados com o eletróforo.

Este acontecimento é especialmente notável, por demonstrar que quando algo interessante e envolvente está posto por meio de experimentos, a aula de Física torna-se um envolvente atrativo.

### ***5.2 Relato da aula no 3º. ano do Ensino Médio***

A aula com o Eletróforo foi realizada dia oito do mês de outubro, em uma escola de educação básica do município de Rio Claro, em uma turma de terceiro ano do Ensino Médio, durante atividades do Estágio Supervisionado da disciplina Prática de Ensino.

Tais estudantes já haviam estudado os conceitos de eletrostática que usaríamos no experimento com a professora da sala, já haviam feito a prova sobre esses conteúdos e a proposta do experimento seria relembrar os conceitos.

Inicialmente me apresentei, pois nunca havia estado naquela sala, e expliquei que iríamos realizar uma aula diferente com um experimento, e que precisaria da participação de todos. Os alunos se mostraram interessados pelo fato de ser uma aula diferente e, aparentemente, ficaram prestando atenção.

Mostrei o Eletróforo para os alunos e as partes que ele é constituído. Analisamos a condutibilidade dos materiais, ou seja, se os materiais eram condutores ou isolantes.

Após essa introdução fiz uma demonstração do funcionamento do experimento com a ajuda de um aluno. Eles ficaram curiosos quando o aluno tomou o choque e porque ele só tomava o choque quando encostava o dedo no Eletróforo enquanto estava em cima da placa de PVC. Perguntei a eles o porque disso acontecer e eles, ainda um pouco tímidos, começaram a formular hipóteses do porque isso acontecia. A eletrização por atrito foi identificada facilmente por eles. Mas para carregar eletricamente o disco metálico eles

achavam que decorria do contato com a placa de PVC eletrizada. Realizamos novamente o experimento, momento em que chamei a atenção para o fato de ter que encostar o dedo enquanto ele está em cima da placa de PVC, então perceberam que não era por contato e sim por indução.

Alguns alunos quiseram realizar o experimento sozinhos e pediram para que a professora da sala realizasse o experimento para ver se ela iria conseguir. Abri esse espaço para que os alunos interagissem com o experimento antes de continuar. Novamente observa-se a necessidade de ter contato diretamente com o material experimental, com o que mencionamos ser uma espécie de apropriação lúdica do conhecimento.

Em seguida sugeri realizar uma variação no experimento. Coloquei em cima do Eletróforo os pedaços de papéis picados. Quando eu levantei e os papéis saltaram os alunos reagiram com uma interjeição: “- Uau !!!!!”. Alguns ainda disseram “- *Amazing!*”, que em português quer dizer: incrível, surpreendente, fantástico.

Nesse momento o interesse dos estudantes se explicitou. Começaram a participar mais entusiasmados, perguntaram o motivo dos papéis saltarem para fora do Eletróforo, então comecei a instigar os alunos para pensarem e promoverem suas próprias hipóteses. Repetimos algumas vezes a demonstração

Nesta oportunidade fomos discutindo as hipóteses até aprimorar o modelo e chegarmos a explicação da repulsão de cargas.

Alguns alunos quiseram testar novamente o experimento e filmar também. E pediram para ter mais aula como essa de experimento, pois gostaram.

Pude perceber que com a utilização do Eletróforo os alunos: ficam mais motivados a aprender, procuram descobrir o porquê dos fenômenos ocorridos, se interessam mais na aula, interagem com o experimento, querem manipulá-lo, pedem para receber o choque várias vezes, ficam animados e entusiasmados.

## 6 – O ELETRÓFORO E O LIVRO DIDÁTICO

Analisamos alguns livros didáticos procurando se algum deles fala sobre o Eletroforo. Escolhemos quatro livros aprovados no PNLD (Programa Nacional do Livro Didático) do ano de 2014.

Os três primeiros livros: (Máximo e Alvarenga, Sampaio e Calçada e Gaspar) são livros tradicionais, bem conceituados com os professores e usados nas escolas parceiras do PIBID RC e da disciplina de prática de ensino e estágio supervisionado dois.

Mas o livro do Yamamoto e Fuke, é um livro novo, escolhemos esse livro, pois dos vários analisados era o único que falava do Eletroforo.

Livro	Conteúdo
Antonio Máximo e Beatriz Alvarenga	Volume 1 : Mecânica Volume 2: Termológica, Óptica e Ondas Volume 3: Eletricidade, Magnetismo e Física Moderna
José Luiz Sampaio e Caio Sérgio Calçada	Volume único: Mecânica, Termologia, Óptica, Ondas, Eletricidade e Física Moderna
Alberto Gaspar	Volume único: Mecânica, Ondas, Óptica, Termodinâmica, Eletromagnetismo e Física Moderna.
Kazuhito Yamamoto e Luis Felipe Fuke	Volume 1: Mecânica Volume 2: Termologia, Óptica e Ondulatória Volume 3: Eletrostática, Eletrodinâmica, Eletromagnetismo e Física Moderna

**Quadro 2 Livros Didáticos que serão analisados**

### 6.1. Máximo e Alvarenga

O volume que analisado é o volume três da coleção que aborda os temas: Eletricidade, Magnetismo e Física Moderna. Esse livro é utilizado no terceiro ano do ensino médio. Este volume contém quatrocentos e quarenta e oito páginas, com capítulos de teoria, exercícios de fixação, sugestão de

experiências, exercícios para vestibular e Enem e ao final contem a resposta dos exercícios.

No quadro encontra-se a divisão dos conteúdos referentes a esse livro didático:

<b>Conteúdo</b>	<b>Quantidade de Páginas</b>
Campo e potencial elétrico	89
Circuitos elétricos de correntes continua	88
Eletromagnetismo	98
Física contemporânea	111

**Quadro 3**

Divisão dos conteúdos em Unidades e sua extensão em páginas no Livro de Máximo e Alvarenga

### *Análise crítica do capítulo sobre Carga Elétrica*

O capítulo que analisamos é o capítulo 1 da unidade 1, totalizando 31 páginas, com o tema Carga Elétrica, divididos em 6 subtítulos: Eletrização, Condutores e Isolantes, Indução e Polarização, Eletroscópio, Lei de Coulomb e As primeiras descobertas no Campo Elétrico. Iremos focar nos três primeiros subtítulos, pois são os que abordam os temas referentes ao conteúdo desse trabalho.

O capítulo se inicia contextualizando a eletricidade com a sua utilidade no dia-a-dia. E então mostra a história da eletricidade e como ela foi descoberta, mostrando a biografia de cientistas que contribuíram para o conhecimento atual de eletricidade.

Para explicar a eletrização por atrito, o livro dá exemplos de como ela pode acontecer como atritar régua com seda, pente no cabelo e, o mais incomum, a eletrização de um bastão de vidro com a seda. A explicação teórica de como acontece vem em seguida, utilizando os exemplos como ponto inicial da explicação.

Para a explicação do último tipo de eletrização, por indução, utiliza-se a representação de uma esfera condutora e um bastão eletrizado e a partir desse esquema desenvolve-se a explicação do fenômeno, de maneira cronológica de acordo com o que acontece no esquema.

Ao final de cada subtítulo, existem alguns exercícios de fixação, que em geral são relacionados com os esquemas ou experimentos citados no decorrer da parte teórica.

No final do capítulo, existem sugestões de experimentos para o professor realize em sala de aula, e também vários exercícios mais teóricos e quantitativos, com mais aplicação de fórmulas.

São apresentados alguns experimentos de baixo custo que os alunos podem construir, como: eletrização de um pente, pêndulo simples e o Eletroscópio de folhas. Mas em geral a explicação da construção são muito rápidas e vagas, sendo necessário uma orientação do professor para essa construção.

O livro utiliza vários esquemas para a explicação, facilitando a compreensão do aluno. A linguagem utilizada pelos autores é muito boa, mas o livro trás tudo pronto, o alunos possivelmente não ficara curioso em entender os conteúdos apresentados. Ficaria a cargo do professor trazer outros materiais para despertar a curiosidade e surpresa nos alunos.

## **6.2 Sampaio e Calçada**

Esse livro é para o Ensino Médio, usados nos três anos, pois os seus assuntos vai desde a Mecânica até a Física Moderna. Mas a parte que foi analisada esta na unidade cinco, que se trata da eletricidade, conteúdo que em geral é trabalho no terceiro ano do Ensino Médio. Este livro contem quatrocentas e setenta e duas (472) páginas, contendo capítulos sobre teoria, exercícios resolvidos e propostos, alguns exemplos de experimentos, e ao final do livro alem das respostas dos exercícios propostos encontramos também exercícios de vestibular e Enem.

Na quadro 3 temos os conteúdos e as páginas do livro referente a eles.

<b>Conteúdo</b>	<b>Quantidade de páginas</b>
Mecânica	157
Termologia	33
Óptica	32
Ondas	13
Eletricidade	121
Física Moderna	22

**Quadro 4**

Divisão dos conteúdos e suas respectivas páginas do livro didático de Sampaio e Calçada.

### *Análise crítica dos capítulos de Carga Elétrica e Eletrização*

Os capítulos que analisamos pertencem à unidade cinco, com o tema eletricidade. São eles os: quarenta e seis – Carga Elétrica e quarenta e sete- Eletrização. Totalizando 11 páginas.

O capítulo se inicia fazendo uma contextualização rápida de onde a eletricidade é usada hoje sua história. E já inicia com o tema Carga Elétrica, mostrando a sua história e explicando os conceitos referentes a ela. Em um parágrafo explica sobre Condutores e Isolantes.

Para finalizar o capítulo são apresentados três exercícios resolvidos e três propostos.

O capítulo 47 se inicia com o mesmo experimento encontrado usualmente nos livros didáticos, a eletrização do pente no cabelo e a atração dos papezinhos. Apresenta então, os três tipos de eletrização: atrito, contato e indução. Para a explicação da eletrização por atrito se utiliza o vidro e a lã, a explicação da eletrização por contato e indução é com as esferas metálicas, que é a figura utilizada pelos livros didáticos.

Novamente ao final do capítulo encontramos exercícios resolvidos e propostos, os exercícios iniciais são referentes ao modelo utilizado na explicação sobre o vidro e a lã e as esferas, o que exige uma reflexão maior sobre o assunto abordado, mas o restante dos exercícios que é a maioria deles todos utilizando contas, ou seja, somente aplicação de fórmulas.



Esse livro é muito objetivo, a sua explicação sempre é muito sucinta, não explora os assuntos a fundo, sendo que alguns deles são importantes e acabam ficando sem a total compreensão. Ele é um livro bem direto ao assunto, o que sugere que é um livro para poucas aulas de física durante a semana. Não apresenta experimentos de baixo custo e não explora a questão da surpresa e curiosidade, sendo responsabilidade do professor buscar outros materiais.

### **6.3. Alberto Gaspar**

Esse livro é usado nos três anos do ensino médio, pois abrange assuntos desde a Mecânica até a Física Moderna. Esse livro tem quinhentas e cinquenta e duas páginas, divididas em capítulos com teoria, atividades práticas, exercícios resolvidos e para o aluno resolver, exercícios de Enem e vestibular, e ao final encontramos as respostas dos exercícios. O nosso foco é referente a unidade quatro, especificamente o capítulo 38, que aborda o tema de eletrostática.

No quadro 5, encontramos uma relação dos conteúdos com as páginas a eles pertencentes.

<b>Conteúdo</b>	<b>Quantidade de páginas</b>
Mecânica	188
Ondas e Óptica	111
Termodinâmica	64
Eletromagnetismo	110
Física Moderna	11

**Quadro 5 Divisão dos conteúdos e suas respectivas páginas do livro Alberto Gaspar**

#### *Análise crítica do capítulo sobre Introdução a Eletricidade.*

Analisamos o capítulo trinta e oito, pertencente à unidade quatro. Esse capítulo tem o tema: Introdução Eletricidade. E contém doze páginas.

O capítulo se inicia fazendo uma breve introdução sobre o tema, e um breve contexto histórico. O primeiro subtítulo é Eletrização e Carga Elétrica, e ele dá uma breve descrição histórica, e explicação teórica sobre o assunto, e aponta algumas características.

O próximo subtítulo é Condutores, Isolantes e Processos de Eletrização. Inicia-se com uma explicação básica do conceito de condutores e isolantes, e apresenta somente dois processos de eletrização, por contato e indução. A explicação começa com eletrização por contato, utilizando inicialmente um esquema de dois núcleos com suas respectivas nuvens eletrônicas, faz uma ponte e começa a falar de eletrização por atrito, que não havia sido citada anteriormente, utilizando uma pano e um bastão para explicar. Então dá uma explicação teórica do que eletrização por atrito, e volta a explicar eletrização por contato utilizando uma esfera um bastão.

O próximo subtítulo é a eletrização por Indução. Com uma explicação muito sucinta sobre o assunto, e apresenta um esquema com um bastão e uma esfera novamente.

O livro apresenta uma série de exercícios resolvidos, utilizando alguns experimentos, como: canudinho eletrizado, pêndulos eletrostático e eletroscópio.

Ao final do capítulo, temos exercícios de vestibular, a maioria é de múltipla escolha e aplicação de fórmulas. O livro apresenta duas sugestões de atividades práticas, que são para auxiliar os exercícios resolvidos. Essas atividades explicam fazer um pêndulo eletrostático e um eletroscópio com matérias de baixo custo. Mas não há nenhuma explicação de como os fenômenos acontecem. Ficando novamente a cargo de o professor explicar o funcionamento.

Os conceitos são tratados de forma muito rápida, às vezes acabam ficando todos embolados um no outro. O livro apresenta experimentos de baixo custo, mas não há um aprofundamento, acabam meio jogados, e cabe ao professor trabalhar com os experimentos para que desperte a curiosidade e surpresa nos alunos.

#### **6.4 Yamamoto e Fuke**

O volume três é o foco do nosso interesse. Ele é voltado para o terceiro ano do Ensino Médio, pois compreende conteúdos de eletricidade e física moderna. Este livro contém duzentas e oitenta e oito (288) páginas, divididas em teoria, exercícios propostos e resolvidos e experimentos. No caso do livro do professor tem mais cento e vinte e oito (128) páginas de acessória pedagógica como apoio ao professor.

O quadro 6 mostra uma relação entre os capítulos do volume três e as páginas a eles pertencentes.

Conteúdo	Quantidade de páginas
Eletrostática	79
Eletrodinâmica	72
Eletromagnetismo	53
Física Moderna	43

**Quadro 6**

Relação dos conteúdos e suas respectivas páginas do livro dos autores Kazuhito e Fuke

### *Análise crítica do capítulo sobre Eletrização*

O capítulo analisado é o número 1 pertencente à unidade1, totalizando 20 páginas.

O capítulo se inicia dando uma introdução sobre a Eletricidade, mostrando algumas aplicações e importâncias, e a sua história. Então explica o que veremos no decorrer do capítulo, dando uma pincelada pelos assuntos que serão abordados. E ao final contextualiza com algumas situações do cotidiano, como tomar um choque na porta do carro.

A explicação sobre Carga Elétrica se inicia com uma breve história de quando a carga elétrica foi descoberta e os cientistas envolvidos, até chegar ao modelo atômico aceito hoje em dia. Então, há uma explicação sobre os elétrons e prótons e como eles se comportam. É são apresentados quatro exercícios resolvidos, para calcular a quantidade de carga elétrica de dois corpos.

A parte seguinte do capítulo começa com a explicação de condutor e isolante, é apresentada de maneira simples e detalhada, e com contextualização no cotidiano e como classificar alguns materiais de acordo com a série tribo elétrica. A continuação do capítulo é com a explicação do que é eletrização, e a primeira é por atrito, e a explicação é feita com diagrama do experimento da eletrização do bastão de vidro em um pedaço de algodão, e utilizando a série tribo elétrica para analisar se o material ganha ou perde elétrons. A próxima explicação é da eletrização por contato, que se dá pela utilização de corpos esféricos, e explica quantitativamente como as cargas

ficam depois da eletrização. São apresentados dois exercícios resolvidos, um para cada tipo de eletrização já apresentado, e ambos são de cálculo de quantidade de carga.

O último tipo de eletrização é apresentado ao final, à eletrização por indução, e é mostrado utilizando as esferas condutoras e um bastão como corpo indutor, e tem uma explicação sobre o aterramento, o que é muito importante, e contextualiza com o cotidiano com a utilização da tomada de três pinos. A seguir são apresentados mais dois exercícios resolvidos, sobre pêndulo eletrostático e o outro sobre o eletroscópio.

Ao final do capítulo, esse livro apresenta uma atividade prática, e esse é o diferencial desse livro, pois a atividade é justamente a construção de um Eletróforo de Volta. O livro diz que a invenção foi de Alessandro Volta mas utilizando experimentos de Johan Carl Wilke. O livro apresenta o material, e a construção, que é igual ao nosso esquema de montagem. Explica como eletrizar o eletróforo, mas não dá nenhuma explicação de como ele funciona. Mas ao final ele faz cinco perguntas, e através delas e das discussões que elas geram pode-se chegar a explicação de como o eletróforo funciona. Mas para isso creio que é necessária a orientação de um professor, pois só com as perguntas e discussões de alunos é difícil de chegar à explicação correta.

São apresentados então nove exercícios propostos, alguns são bem diretos, exigindo somente aplicação de fórmulas, e a minoria exige um grau de entendimento mais aprofundado do assunto.

As explicações são detalhadas, seguem uma ordem didática, e quase sempre contextualiza com o cotidiano, as figuras são claras e de um tamanho grande. E a sugestão da utilização do eletróforo foi fantástica, pois ele é um ótimo experimento para a explicação de carga, dos tipos de eletrização e para causar surpresa e curiosidade nos alunos. Mas como não existe explicação, o experimento pode ser deixado de lado, ou gerar uma explicação errônea dos fenômenos. E novamente ficaria a cargo do professor aproveitar e explorar o experimento.

### **6.5 Análise da apostila do Estado de São Paulo**

Ela é dividida por matéria, e cada disciplina tem uma apostila por semestre, totalizando 6 apostilas no período total de Ensino Médio. Analisando

todas as apostilas de Física, não encontramos em nenhuma o assunto de eletrostática, o que é um fato muito preocupante, pois nas escolas publicas os alunos terão uma defasagem nesse conteúdo em relação aos estudantes de outras escolas, pois além de ser um assunto que faz parte do vestibular e do Enem, é de extrema importância para a vida dos alunos que fazendo parte do seu cotidiano.

### **6.6 Livros didáticos analisados e a atividade desenvolvida com o Eletróforo.**

Dos livros analisado (Máximo e Alvarenga, Sampaio e Calçada, Alberto Gaspar e Kazuhito e Fuke) percebe-se um tratamento diferente quanto ao tema eletrostática, bem como a inclusão ou não do Eletróforo de Volta e as discussões físicas possíveis com esse equipamento.

Alguns dos textos apresentam pouco conteúdo de eletrostática (alguns deles nenhum, como é o caso do Caderno do Estado de São Paulo). Alguns autores justificam não ter esse conteúdo por acharem que não tem nenhuma aplicação prática para a vida do aluno.

Entretanto ao estudar o tema pode-se perceber que isso não é verdade. Existem aplicações práticas, como por exemplo, a questão dos raios. No Brasil ocorrem várias mortes por raios, podemos citar a morte de uma família na Praia Grande que saiu noticiários nos últimos dias. Talvez se eles soubessem física, poderiam ter se salvado e não ficar em uma zona propensa a descargas elétricas .

Diferentemente atividades como a desenvolvida com o Eletróforo parecem permitir uma melhor interação com os conteúdos. A interação lúdica e experimental com o protótipo didático coloca aos alunos a possibilidade de ter contato com o material, interagir com ele e, se o professor estiver atento, proporcionar diálogos e conflitos cognitivos que auxiliam na construção do conhecimento.

Além disso, os textos do livro didático sustentam o método expositivo costumeiramente usado pelos professores, com os mesmos exemplos e exercícios de aplicação de fórmulas. Evitam-se inserções do que chamamos de surpresa epistemológica e mesmo o incentivo a observação e manipulação de

experimentos, substituindo essas possibilidades didáticas pela repetição de exercícios.

Foi possível notar como, o conhecimento oferecido pelos textos dos livros didáticos aos estudantes, os impede de lidar com situações do mundo real, quando na oficina e na aula os estudantes não souberem identificar a eletrização por indução.

A pouca solicitação aos estudantes do livro didático não incentiva os alunos a participem da construção do conhecimento, tornando as aulas de Física muitas vezes cansativas, repetitivas, enfadonhas e sem emoção, afastando-os da curiosidade epistemológica que observamos no trabalho com o eletróforo.

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

As aulas de Física na maioria das escolas vêm sendo apresentada pelos professores com um método bem tradicional, o livro didático é considerado uma verdade absoluta e inquestionável, e o professor é o detentor do conhecimento e os alunos espectadores em sala de aula. Os exercícios são considerados parte importantíssima na aula, e boa parte deles são somente aplicações de fórmulas repetitivas. São apresentados como se fosse um conjunto de fórmulas matemáticas que os alunos devem decorar, para que assim possam tirar boas notas nas provas e conseqüentemente passar no exame de vestibular para boas universidades. Esquecendo-se de ensinar a própria Física por trás dos fenômenos apresentados, ou seja, acabam “matematizando a física”.

Muitas vezes ouvimos comentários de dirigentes de escolas, professores, alunos e autoridades do Ensino, afirmando que o segredo para melhorar o Ensino de Ciências em geral esta na utilização de experimentos. Mas por que isso não é colocado em prática? Porque as escolas não investem em experimentos? Por que a maioria dos professores não os utiliza para ministrar as aulas? Essas são perguntas difíceis de serem respondidas.

Mattasoglio já em 1990 dizia que a condição de trabalho do professor conspira contra as mudanças:

... A baixa condição salarial obriga-os (os professores) a manter vínculos com diversas escolas, quase sempre para trabalho dentro da sala de aula, não permitindo um repensar da sua ação com vistas à mudança de atitude. Por sua vez, parece ser pequeno o interesse dessas entidades em tal mudança, uma vez que não parte delas a iniciativa de busca de alternativas para o ensino que oferecem. O trabalho do professor se assemelha ao de uma máquina numa linha de produção, onde a má qualidade do produto gerado, ou seja, o aluno mal formado, acaba sendo compensado pela grande quantidade da produção, isto sem demanda de investimentos no aperfeiçoamento dos responsáveis pela produção. Sem poder repensar seu trabalho, o professor permite que outros façam isto por ele, ficando á mercê das propostas e sugestões, centralizadas pela burocracia dos órgãos responsáveis pela educação e que, via de regra, traduzidas pelos livros didáticos, acabam se tornando o único caminho vislumbrando o qual, sem opção, deve ser seguido (Pág. 30 e 31)

Esse texto foi escrito a cerca de vinte e cinco anos atrás, mas ainda assim parece bastante pertinente para os nossos dias. Os professores são obrigados a ministrar aulas em diversas escolas, por praticamente o dia todo, por causa do baixo salário, e isso acarreta em não sobrar tempo para o preparo adequado das aulas. Contudo isso não deve ser usado como desculpa para aulas ruins. Muitos professores também não se importam em modificar a sua aula para que os alunos possam entender melhor o conteúdo e repetem o que o livro didático diz em sala de aula, e se utilizam do famoso método: livro, giz e lousa.

Muitas escolas também não tem um espaço para laboratório, porem as que possuem muitas vezes o utilizam como depósito de outros materiais. E quando possuem experimentos, estes se encontram sucateados ou não são utilizados.

Não podemos, entretanto ser idealistas, colocando o experimento como o salvador do Ensino precário no Brasil. Pois a muitos meios de se utilizar o experimento, e se empregado de maneira “errônea”, pode se tornar tão monótono como uma aula tradicional.

Figueiredo Neto em 1988, explica isso:

... não é só fazer qualquer coisa experimentalmente. Sem duvida, se fizermos a de forma experimental tudo o que os livros didáticos de Ciências fazem no blá blá, seguindo a mesma sequencia e da mesma forma que ali esta proposto, seremos ainda chatos, sem graça. Só que, agora um “sem graça experimental”. É preciso saber explorar as sutilezas de cada situação, saber como determinado problema pode ser relevante e, acima de tudo, todas as atividades devem estar dentro de um contexto que faça sentido e desperte o interesse das crianças”.( Pág. 90)

Utilizando o modelo experimental proposto nesse trabalho, pretendemos nos distanciar dos fatores e problemas citados a cima, os professores podem utilizar o espaço da sala de aula, não necessitando de um laboratório. Eles devem estar comprometidos com a causa da Educação, buscando inserir a surpresa e a curiosidade epistemológica na sala de aula. Como vimos, os livros didáticos em geral não dão suporte para esse trabalho, ficando então a cargo do professor procurar e pesquisar experimentos que possam suscitar essas emoções nos alunos. Eles devem estar comprometidos com a causa, pois



somente um experimento que possa despertar curiosidade se for apresentado isoladamente e sem a presença ativa do professor de nada irá adiantar, pois não haverá o salto de curiosidade ingênua para epistemológica.

Para que o professor possa ter esse comprometimento e visão, seria importante que em sua formação isso fosse trabalhado, devendo ser motivados a aprender e a querer ensinar. E que aprendessem a parte teórica sobre as ideias apontadas por Paulo Freire e aprender a coloca-las em prática.

Os livros didáticos também poderiam ter esse objetivo, poderiam ser reformulados, utilizando experimentos e propondo atividades com eles, os conceitos não seriam apresentados tão rapidamente e seria necessário que os alunos pensassem a respeito dos conteúdos. E o livro didático não seria o centro da educação.

Para esse método é importante que o material utilizado seja de baixo custo, pois para sua construção não precisa de grande quantia em dinheiro, os alunos podem: manipular o experimento sem problemas de quebrar, reproduzir em oficinas ou em casa, ousar com o experimento, e propor mudanças.

Com a utilização da surpresa em sala de aula, os alunos ficam mais motivados e interessados em aprender física, e se o professor perceber esse comportamento pode explorar a curiosidade ingênua no aluno e ajudar para que essa curiosidade se torne epistemológica, mais consistente e metódica. E quanto mais o aluno, praticar a sua curiosidade e a criticidade mais crítico ele se tornará, e terá mais facilidade em compreender os fenômenos. (Freire, 2011).

Assim as aulas de Física poderiam se tornar mais acessíveis e divertidas para os alunos. Se eles aprendessem a exercer a sua curiosidade epistemológica e tivessem consciência de como construir seu conhecimento, seu aprendizado iria melhorar, gostariam mais de estudar e se esforçariam para aprender e buscar conhecimento.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ARAUJO, M. & ABIB, M. Atividades Experimentais no Ensino de Física: Diferentes Enfoques, Diferentes Finalidades. **RBEF**, vol.25, 2003.
- BACHELARD, G. **A formação do espírito científico**: contribuições para uma psicanálise do conhecimento. Rio de Janeiro: Contraponto, 1996
- BRUNER, S. **Uma nova teoria de aprendizagem**, Rio de Janeiro, Edições Bloch, 1969.
- GILLISPIE, C. C. (ORG). **Dicionário de biografias científicas**. (C. A. PEREIRA, Trad.) Rio de Janeiro, Brasil: Contraponto. 2007.
- FERREIRA, N. C. **Proposta de laboratório para a escola brasileira** – Um ensaio sobre a instrumentação no ensino médio de física. São Paulo, 1978. Dissertação de mestrado
- FERREIRA, N. C. e RAMOS, E. Cadernos De Instrumentação Para O Ensino De Física: Eletrostática, IB UNESP: Rio Claro. 2008
- FIGUEIREDO NETO, A. F. **A física, o lúdico, e a ciência no 1º grau**. São Paulo, 1988. Dissertação de mestrado
- FREIRE, P. **Pedagogia da Autonomia**, saberes necessários a prática educativa. Editora Paz e Terra, 2011.
- \_\_\_\_\_. **Extensão ou comunicação?** Rio de Janeiro, Paz e Terra, 1983
- GALIAZZI, M. et al. Objetivos das atividades experimentais no Ensino Médio: a pesquisa coletiva como modo de formação de professores de ciência. **Ciência & Educação**, v.7, n.2, p.249-263, 2001
- GASPAR, A. **Física**, 1ª ed, São Paulo: Ática, 2005
- \_\_\_\_\_. **Física**, vol. 3, 2ª Ed, São Paulo: Ática, 2009
- HALLIDAY, D. & RESNICK, R. **Fundamentos de física**, vol. 3, 9º ed, Rio de Janeiro: LTC , 2012
- MATTASOGLIO Neto, O. **Física na habilitação do magistério** - Análise da proposta do CECISP para o ensino de óptica - um estudo de caso. IF USP: São Paulo, 1990.
- MÁXIMO, A. & ALVARENGA, B. **Curso de Física**, vol. 3. 1ª ed, São Paulo: Scipione, 2013
- MEDEIROS, A. As origens históricas do eletroscópio. **RBEF**, vol. 24, 2002

TIPLER, P. & MOSCA, G. **Física para Cientistas e Engenheiros**, Vol. 2. 5ª ed, Rio de Janeiro: LTC, 2006.

RAMOS, E. M. de F. **Brinquedos e jogos no ensino de física**. São Paulo, 1990. Dissertação de mestrado

REISS, M. **O ensino e a surpresa** - experimentos surpreendentes e suas possibilidades no ensino de física. Rio Claro, 2011. Trabalho de conclusão de curso

SAMPAIO, J. & CALÇADA, C. **Física**, 2ª Ed, São Paulo: Atual, 2005

YAMAMOTO, K. & FUKU, L. F. **Física para o Ensino Médio**, vol. 3, 1ª ed, São Paulo: Saraiva, 2010.

### SITES

Dicionário Michaelis Online. Disponível em:

< <http://michaelis.uol.com.br/moderno/portugues/index.php?lingua=portugues-portugues&palavra=surpresa> > acessado em janeiro de 2015.

Imagem do Eletróforo de Volta. Disponível em:

< [http://pt.wikipedia.org/wiki/Eletr%C3%B3foro#mediaviewer/File:Electrophorus\\_device.png](http://pt.wikipedia.org/wiki/Eletr%C3%B3foro#mediaviewer/File:Electrophorus_device.png) > Acessado em janeiro de 2015.

Instituto de Física da Universidade Federal do Rio Grande do Sul

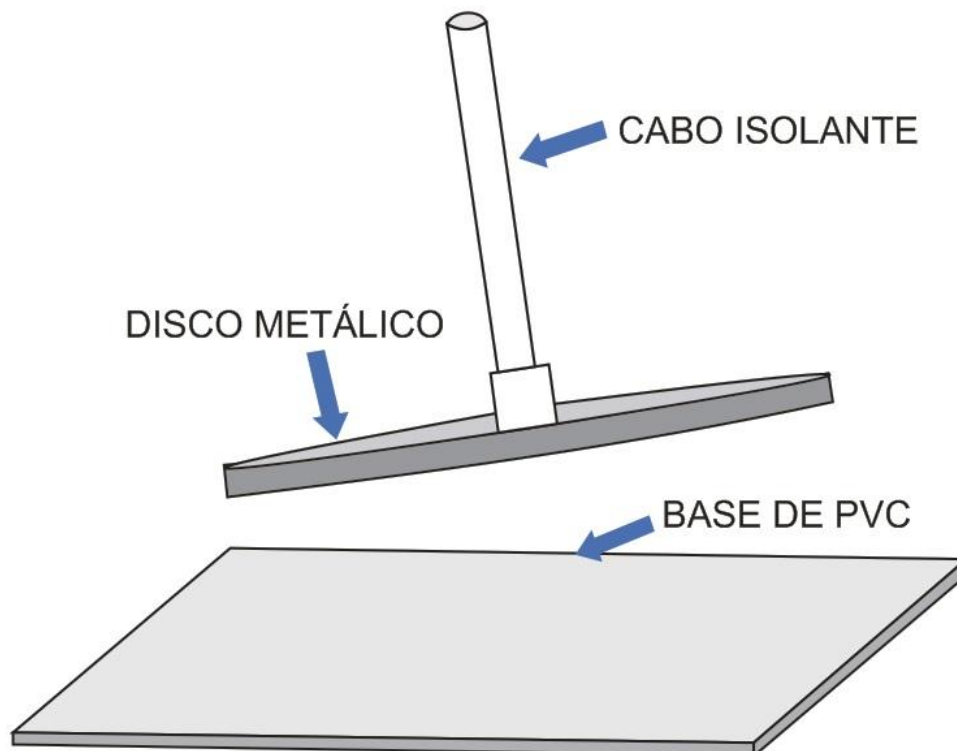
<http://www.if.ufrgs.br/fis/EMVirtual/crono/crono.htm> acessado em Fevereiro de 2015

## Apêndice 1: A construção do Eletróforo de Pizza

Para a construção do Eletróforo é necessário:

- Duas placas de forro modular de PVC (22cm X48 cm cada uma)
- Forma de pizza (34 cm de diâmetro)
- Cano de PVC (1,5 polegadas)
- Luva para cano de PVC (1,5 polegadas)
- Papel higiênico
- Pedacos pequenos de papel de seda
- Pistola de Cola quente

Colamos a luva de cano de PVC no centro da forma de pizza utilizando a pistola de cola quente. Em seguida “rosqueamos” o cano de PVC na luva.



O eletróforo é um gerador eletrostático. Seu funcionamento é baseado na eletrização por atrito (da base) e na eletrização por indução da parte móvel (o disco).

Inicialmente eletriza-se a base (a placa de PVC) por atrito utilizando um pedaço de papel higiênico. Na próxima etapa segurando pelo cabo, ou seja, o cano de PVC, e o colocamos em cima da base previamente eletrizada. Após colocar o disco sobre a base eletrizada, uma pessoa eletricamente aterrada pode tocar com um dos dedos o disco metálico, aterrando então o disco, ocorrendo a eletrização do Eletróforo. Em algumas ocasiões esse processo é tão intenso que pode-se ouvir um estalo e a pessoa que aterrou eletricamente o disco receber uma pequena descarga elétrica.

Nesta situação a base de PVC mantém sua carga inicial e o disco aterrado foi eletrizado pelo toque da mão.

Para mover o disco eletrizado deve-se segurar no cabo do Eletróforo e levantá-lo da base de PVC. Com o disco eletrizado, podemos eletrizar por contato outros corpos ou efetuar descargas elétricas com a parte metálica do eletróforo e corpos eletrizáveis. Importante mencionar que nesta situação, qualquer toque no disco ou aproximação de corpos condutores de eletricidade a distâncias muito pequenas já será suficiente para retirar a carga elétrica conseguida inicialmente.

Para recarregar novamente o eletróforo, basta colocar a parte metálica em cima da base de PVC e tocar (aterrar) novamente no disco metálico. Ao levantar o disco da base PVC, observa-se o mesmo efeito que anteriormente. Ao contrário do momento inicial não é necessário atritar novamente a base de PVC com o papel higiênico, pois as cargas da primeira eletrização por atrito permanecem na placa de PVC (que é isolante elétrica), só se perdendo pelo contato com o ar após alguns minutos.