



**UNIVERSIDADE ESTADUAL DA PARAÍBA
CAMPUS I
CENTRO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA
CURSO DE LICENCIATURA EM FÍSICA**

INGRID KELLY LAURA DOS SANTOS PINTO

**UMA PROPOSTA DE ENSINO HISTÓRICO-PROBLEMATIZADORA: O
ELETRÓFORO DE VOLTA E OS ESTUDOS DE ELETROSTÁTICA**

**CAMPINA GRANDE
2017**

INGRID KELLY LAURA DOS SANTOS PINTO

**UMA PROPOSTA DE ENSINO HISTÓRICO-PROBLEMATIZADORA: O
ELETRÓFORO DE VOLTA E OS ESTUDOS DE ELETROSTÁTICA**

Trabalho de Conclusão de Curso em Licenciatura em Física da Universidade Estadual da Paraíba, como requisito parcial à obtenção do título de Graduado em Licenciatura em Física.

Área de concentração: História da Física

Orientador: Prof. Dr. Ana Paula Bispo da Silva

**CAMPINA GRANDE
2017**

É expressamente proibido a comercialização deste documento, tanto na forma impressa como eletrônica. Sua reprodução total ou parcial é permitida exclusivamente para fins acadêmicos e científicos, desde que na reprodução figure a identificação do autor, título, instituição e ano do Trabalho de Conclusão de Curso.

P659p Pinto, Ingrid Kelly Laura dos Santos.

Uma proposta de ensino histórico-problematizadora [manuscrito] : o eletróforo de volta e os estudos de eletrostática / Ingrid Kelly Laura dos Santos Pinto. - 2017
52 p.

Digitado.

Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Física) - Universidade Estadual da Paraíba, Centro de Ciências e Tecnologia, 2017.

"Orientação : Profa. Dra. Ana Paula Bispo da Silva, Coordenação do Curso de Física - CCT."

1. História da Ciência. 2. Ensino de Física. 3. Eletrostática.

21. ed. CDD 537.2

INGRID KELLY LAURA DOS SANTOS PINTO


UMA PROPOSTA DE ENSINO HISTÓRICO-PROBLEMATIZADORA: O
ELETRÓFORO DE VOLTA E OS ESTUDOS DE ELETROSTÁTICA

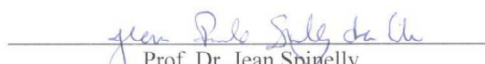
Trabalho de Conclusão de Curso em
Licenciatura em Física da Universidade
Estadual da Paraíba, como requisito parcial à
obtenção do título de Graduado em
Licenciatura em Física.


Área de concentração: História da Física.

Aprovada em: 20/11/2017.

BANCA EXAMINADORA


Prof. Dr. Ana Paula Bispo da Silva (Orientador)
Universidade Estadual da Paraíba (UEPB)


Prof. Dr. Jean Spínelly
Universidade Estadual da Paraíba (UEPB)


Prof. Mes. Luciano Feitosa do Nascimento
Instituto Federal da Paraíba (IFPB)

A minha mãe, pela dedicação, companheirismo e amizade, DEDICO.

AGRADECIMENTOS

À Deus primeiramente, pela sabedoria por me auxiliar em todo momento.

À minha mãe, por seu amor, apoio e dedicação.

À minha orientadora Ana Paula Bispo, a qual sem ela este sonho não seria possível. Obrigada, por sua paciência, ensinamentos e oportunidades concedidas.

Ao meu esposo e filha, pelo amor e compreensão em momentos em que não pude estar com eles.

A minha avó (*in memoriam*), embora fisicamente ausente, essa conquista também é dela.

Aos professores do Curso de Física da UEPB, em especial, Maria Ângela, Alessandro Frederico, Tâmara de Oliveira e Jean Spinelly, que contribuíram, não só em disciplinas, mas em caráter e profissionalismo para minha formação.

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPQ) pelo apoio prestado na produção do presente trabalho.

Ao docente José Praxedes Neto por ceder a turma para a realização do trabalho.

Ao professor José Antonio Pinto pela co-orientação.

As amigas Taizy Ravilany G. Tenório, Samira Arruda, Marciana Cavalcante e Magna Cely, pela companhia e amizade ao longo do curso.

E aos demais amigos e parentes que fazem parte, diretamente e indiretamente, desta conquista.

RESUMO

Segundo pesquisas da área de ensino de ciências, a utilização de uma abordagem histórica no ensino de ciências permitiria a formação de um aluno crítico por aproximar as ciências humanas das ciências naturais. No entanto, para que esta abordagem atinja este objetivo, é preciso que seja também interativa, permitindo o desenvolvimento de competências argumentativas e estimulando os alunos a questionarem o *porque* do conhecimento apresentado. Neste sentido, existe uma lacuna por materiais e propostas de ensino que destaquem a problematização a partir da história da ciência, tornando-a apenas mais um conteúdo a ser transmitido em sala de aula. O presente trabalho tem por objetivo apresentar um relato de experiência, em que é trabalhada uma proposta de ensino do conteúdo eletrostática a partir da abordagem histórica, utilizando-se do laboratório problematizador, em uma turma de terceiro ano do ensino médio. Foram planejados cinco encontros de 90 minutos para ser aplicada esta proposta. Inicialmente, o tema “eletricidade” foi problematizado em sala de aula com apresentação de instrumentos, a fim de se conhecer os conhecimentos prévios dos alunos, para que os mesmos pudessem construir um eletróforo sem auxílio de roteiro. Posteriormente foi apresentado o desenvolvimento dos estudos sobre a Eletricidade Estática durante os séculos XVII e XVIII, focando nas teorias de eletricidade vítrea e resinosa, de Charles Du Fay (1698-1736), e fluido elétrico e atmosferas elétricas de Benjamim Franklin (1706-1790). Incluindo, também, nesse contexto, um instrumento da época, construído por Alessandro Volta (1745-1827): o eletróforo. Após ter-se o conhecimento da história da eletrostática, os alunos retomaram novamente a construção do instrumento proposto anteriormente. Em outro momento, foram apresentadas as teorias atuais conhecidas da eletrostática, e por fim realizado uma avaliação com a turma. Concluindo, esta proposta a qual será relatada com mais detalhes, é de grande relevância para, não só fugir do tradicional, mas também para formar alunos críticos e não apenas reprodutores do conhecimento.

Palavras-Chave: História da Ciência. Ensino de Física. Eletrostática.

ABSTRACT

According to research in the area of science education, the use of a historical approach in science education would allow the formation of a critical student by bringing the human sciences closer to the natural sciences. However, in order for this approach to reach this goal, it must also be interactive, allowing the development of argumentative competence and stimulating students to question why the presented knowledge. In this sense, there is a gap for materials and teaching proposals that highlight problematization from the history of science, making it just another content to be transmitted in the classroom. The present work aims to present an experience report, in which a proposal of teaching of electrostatic content is worked out from the historical approach, using the problematizing laboratory, in a class of third year of high school. Five 90-minute meetings were planned for this proposal. Initially, the theme "electricity" was problematized in the classroom with presentation of instruments, in order to know the students' previous knowledge, so that they could build an electrophore without the help of a script. Later on, the development of the studies on Static Electricity during the XVII and XVIII centuries, focusing on the vitreous and resinous electricity theories of Charles Du Fay (1698-1736), and electric fluid and electric atmospheres of Benjamin Franklin (1706-1790). Including, too, in this context, an instrument of the time, constructed by Alessandro Volta (1745-1827): the electrophorus. After the knowledge of the history of electrostatics, the students resumed the construction of the instrument previously proposed. In another moment, the current known electrostatic theories were presented, and finally an evaluation with the class was made. In conclusion, this proposal, which will be reported in more detail, is of great relevance for not only avoiding the traditional but also for forming critical students, not just reproducers of knowledge.

Keywords: History of Science. Teaching Physics. Electrostatic.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1: (a) Aparato de Aepinus e (b) quadrado de Franklin.....	19
Figura 2: eletróforo de Volta	20
Figura 3: Decréscimo da eletricidade segundo Beccaria.....	21
Figura 4: O eletróforo	22
Figura 5:Eletróforo de Cavallo	23
Figura 6: instrumentos usados em sala de aula. (a) Eletróforo. (b) Versório.....	28
Figura 7: Alguns materiais para a montagem do eletróforo	32
Figura 8: Eletróforos, 1e 2, do grupo 1.....	32
Figura 10: Eletróforos, 1e 2, do grupo 3	32
Figura 12: Eletróforo 2 do grupo 4.....	33

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	11
2 A HISTÓRIA DA ELETRICIDADE EM SALA DE AULA	12
3 EPISÓDIO HISTÓRICO - O Eletróforo de Volta	15
3.1. <i>Ideias sobre eletricidade anteriores a Volta</i>	15
3.2. <i>Instrumentos elétricos – a contribuição de Volta</i>	17
4 A SEQUÊNCIA DIDÁTICA – PROPOSTA INICIAL (TEÓRICA)	24
5 NA SALA DE AULA – EXECUÇÃO DA PROPOSTA E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS	28
5.1 <i>Primeiro encontro do plano de ensino – 1º e 2º dia de aula</i>	28
5.2 <i>Segundo encontro do plano de ensino – 3º e 4º dia de aula</i>	30
5.3 <i>Terceiro encontro do plano – 5º dia de aula</i>	31
5.4 <i>Quarto encontro do plano de ensino – 6º dia de aula</i>	33
5.5 <i>Quinto encontro do plano de ensino – 7º dia de aula</i>	33
6 SOBRE A PROPOSTA TEÓRICA E A PRÁTICA	35
7 CONCLUSÃO	36
REFERÊNCIAS	37
APÊNDICE A – PLANOS DE AULA	40
APÊNDICE B - EXERCÍCIO DE SONDAGEM	45
APÊNDICE C – QUADRO DE IDEIAS	46
APÊNDICE D – TEXTO HISTÓRICO	47
APÊNDICE E – EXERCÍCIO REFERENTE AO TEXTO	49
APÊNDICE F – QUADRO DE HIPÓTESES	50
APÊNDICE G – AVALIAÇÃO ESCRITA	51

1 INTRODUÇÃO

A utilização da História da Ciência (HC) no ensino de Física foi incluída nas recomendações do governo desde 1998 (MARTINS, SILVA e PRESTES, 2014). Entretanto, percebe-se que ela ainda não é trabalhada, na sala de aula, como é sugerido nas orientações curriculares para o ensino médio. A História da Ciência, na maioria das vezes é abordada simplesmente como uma linha de tempo marcada por apenas os cientistas famosos e seus feitos, sem nenhum contexto ou informação que seja relevante para o aluno.

Para que o uso da abordagem histórica apresente resultados positivos no ensino de física é preciso que uma didática seja adotada de forma que capacite o aluno a responder perguntas de maneira reflexiva e autocrítica diante dos erros visto que o mesmo saiba gerenciar os novos conhecimentos a ele ensinados (BRASIL, OCEM, 2006).

Porém, ainda permanece em aberto uma metodologia empírica de efetiva contribuição da utilização da HC no ensino. Nesse sentido fica em aberto a questão: como adaptar a moderna historiografia da ciência aos pressupostos educacionais?

Por moderna historiografia da ciência entendemos o estudo de casos aprofundados, a análise diacrônica, a influência de fatores socioculturais, políticos, econômicos e a existência de rupturas e continuidades do conhecimento científico (BALDINATO E PORTO, 2008). Já da parte educacional, compreendemos uma abordagem interativa, baseada na investigação e no desenvolvimento de conteúdos que abrangem conceitos, procedimentos e atitudes (ZABALA, 1998).

Assim, para responder a esse problema, buscamos por um episódio histórico da ciência que pudesse incluir a influência do contexto sociocultural, como também possibilitar a ênfase em determinados conteúdos conceituais e procedimentais. Nossa escolha foi pelo episódio histórico que trata a invenção do eletróforo, um instrumento histórico que permite discutir conceitos de eletrostática, e que é reprodutível em sala de aula como atividade experimental. Neste trabalho relatamos o planejamento e os resultados de uma intervenção em sala de aula utilizando a abordagem histórica (episódio do eletróforo de Volta) e experimental, baseada no laboratório problematizador.

2 A HISTÓRIA DA ELETRICIDADE EM SALA DE AULA

Para o planejamento da sequência didática aqui apresentada, realizamos uma revisão e uma análise de alguns trabalhos referentes ao tema abordado, para que pudéssemos visualizar quais elementos metodológicos poderíamos utilizar.

Fizemos uma busca bibliográfica na base de dados do Google acadêmico, utilizando como termos de busca: história da eletricidade, eletróforo, história da eletricidade em sala de aula. Foram encontrados 4 artigos que tratavam da utilização do laboratório investigativo, mas não envolvia história da Ciência (JUBINI, et.al., 2016, SHIMIZU, et. al., 2013, SANCHES, et. al., 2016, ADMIRAL, et. al., 2016), 1 monografia, a qual relataremos a seguir (FEIJÓ JUNIOR, 2008) e 1 dissertação (NUNES, 2011) que também trata da história das máquinas eletrostática, porém focando no ensino de potencial elétrico utilizando analogias para a visualização de equipotenciais usando uma planilha de dados. Na leitura dos resumos, identificamos apenas uma monografia que tinha por objetivo tanto a história da eletricidade, quanto sua utilização em sala de aula.

A monografia *“A história do desenvolvimento das máquinas eletrostáticas como estratégia para o ensino de conceitos de eletrostática”*, de autoria de Luiz Alberto Feijó Junior, aluno de Licenciatura em Física, em 2008, da Faculdade de Física da Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul, foi a que apresentou maior semelhança com os nossos propósitos

O autor destaca em seu episódio histórico uma linha cronológica das primeiras máquinas eletrostáticas, iniciando com a “bola de enxofre”¹ de Otto Von Guericke até o gerador de Van de Graaff². Notamos que, referente à moderna historiografia da ciência, o trabalho possui referências à fontes originais, o que enriquece os fatos nele contido. Entretanto, em alguns momentos o autor é anacrônico. Por exemplo, na seguinte citação, onde ele descreve a criação da garrafa de Leyden:

Segundo escreveu o professor Musschenbroek (Musschenbroeck, 1751, p.252), ele procurava armazenar cargas elétricas em um tanque com água, imaginando que dado

¹ A substância chamada de enxofre utilizada por Otto Von Guericke era semelhante ao âmbar. Esse instrumento consistia em uma esfera produzida com essa substância, com uma manivela em uma de suas laterais e fixada em um suporte de madeira. Ao girar e fricciona-la ao mesmo tempo, ela produzia eletricidade e ao aproximar objetos dela, a mesma emitia faíscas (GUERICKE, 1672, apud, FEIJÓ JUNIOR, 2008, p. 14, 15).

² Consiste basicamente em uma correia de material altamente isolante que ao se movimentar sobre roletes transporta cargas elétricas até o interior de uma esfera na qual a carga é extraída e se acumula na sua superfície (FEIJÓ JUNIOR, 2008, p. 29).

o grande volume de água muita eletricidade ali poderia ser acumulada (FEIJÓ JUNIOR, 2008, p. 19).

O erro aqui mencionado remete-se ao uso do termo “carga elétrica”, pois, no século XVIII não adotava o conceito de carga, e sim de fluido elétrico. Ao mesmo tempo, o autor se contradiz, pois afirma anteriormente, que a eletricidade era tida como uma espécie de fluido e logo após faz essa referência a carga, sem explicar o seu contexto.

Portanto, o presente relato de experiência que apresentaremos a seguir, difere desta monografia nos seguintes pontos:

- O episódio histórico procurou focar nos conceitos sobre eletricidade adotados no século XVIII;
- Qual foi a contribuição conceitual de Alessandro Volta para a história da eletricidade?
- Em que cenário Alessandro Volta construiu o eletróforo?
- Em que o eletróforo diferenciava-se dos demais instrumentos da época?
- Quais os conceitos que envolviam esse instrumento na época?
- Que discussões surgiram durante o século XVIII referente ao eletróforo?

Em todo o material histórico a ser utilizado em sala de aula, procuramos sempre estar atentos ao anacronismo. Todos os conceitos que serão explicados no episódio remetem-se, ao que se assumia na época.

Concernente à aplicação do trabalho em sala de aula, Feijó Júnior (2008), levou o episódio por ele explorado para uma turma de terceiro ano de uma escola particular de Porto Alegre. Ele utilizou um material contendo a história das máquinas eletrostáticas e um roteiro de experimento com algumas questões. Ele apresentou inicialmente a parte histórica, depois os conceitos sobre eletrização e por fim a experimentação. Quanto à atividade experimental, autor não descreve uma sequência de ações com clareza, no que diz respeito ao número de aulas e seu seguimento de atividades.

Logo, divergindo dessa aplicação, o que buscamos fazer para levar a HC para o ensino médio, foi de forma mais problematizadora onde o aluno teve um papel mais ativo diante das atividades realizadas. Assim seguimos os seguintes passos:

- Problematização inicial com o cotidiano;
- Montagem de um eletróforo com os conhecimentos prévios dos alunos;
- Apresentação do episódio histórico, focando na provisoriabilidade do conhecimento científico;

- Montagem do eletróforo, sem roteiro, apenas com informações apresentadas na história apresentada anteriormente;
- Apresentação de conceitos sobre eletrização;
- Debate / avaliação sobre as ideias apresentadas.

3 EPISÓDIO HISTÓRICO - O Eletróforo de Volta

Para pesquisa do episódio histórico utilizamos uma abordagem histórica que consiste no estudo de obras originais relevantes dos cientistas e do contexto histórico de sua época. Além das obras científicas primárias, estudamos obras secundárias, isto é, artigos e livros de historiadores da ciência, que tratem dos assuntos, problemas ou contexto do período em questão. Realizamos essa pesquisa, especialmente sob o ponto de vista conceitual, procurando compreender o que os pesquisadores estavam buscando fazer e os resultados que obtiveram. Além disso, foi utilizada uma “análise metodológica”, que significa que o estudo não se restringe à mera descrição do passado, mas procura discutir aquela ciência com os recursos filosóficos e metodológicos adequados.

Fazendo o uso desta metodologia, buscamos apontar os seguintes pontos: Quais conceitos sobre a natureza da eletricidade estavam em pauta durante o século XVIII? Quais conceitos Alessandro Volta abordava em seus estudos sobre a eletricidade? Em que contexto sociocultural o eletróforo de Alessandro Volta estava inserido? Qual a influência desse instrumento nos estudos sobre a eletrostática? Nos parágrafos seguintes, discutiremos as principais ideias existentes antes de Volta, para entendermos melhor sua contribuição.

3.1. Ideias sobre eletricidade anteriores a Volta

Não se sabe ao certo quem iniciou os estudos da eletricidade usando corpos com características de atrair objetos quando atritados. Entretanto, sabe-se que antes de Platão (428-348 a.C.) já se conhecia o âmbar, resina fóssil produzida por certos tipos de árvores e que era usada na confecção de objetos, e que possuía tais características (ASSIS, 2011). Há alguns historiadores atuais que afirmam que Tales de Mileto (625-546 a.C.) foi o primeiro filósofo natural, a saber que o âmbar possuía tal característica, porém não existe nada que comprove tal afirmação.

Sabendo destas propriedades, foi apenas a partir do século XVII e XVIII que os estudos sobre a eletricidade tomaram grandes proporções que vão desde teorias, que tentavam explicar a natureza da eletricidade e dos fenômenos relacionados à ela, a criação de equipamentos. Vários nomes se dedicaram aos estudos desse novo conhecimento, dentre os mais conhecidos temos: Otto de Guericke (1602-1686), Frances Hauksbee (1660-1713),

Stephen Gray (1666-1736), Charles François de Cisternay Du Fay (1698-1736), Benjamin Franklin (1706-1790) e Alessandro Giuseppe Antonio Anastasio Volta (1745-1827), o qual foi o personagem principal desta pesquisa.

Dentre os estudiosos citados, vamos destacar dois que possuíam concepções diferentes para o mesmo fenômeno: Charles François de Cisternay Du Fay (1698-1736) e Benjamin Franklin (1706-1790). A teoria de Du Fay para explicar fenômenos associados à eletricidade afirmava que:

[...] existem duas Eletricidades distintas, muito diferentes uma da outra, uma que eu chamo de Eletricidade vítrea [...] e a outra de Eletricidade resinosa. A primeira é aquela do Vidro, Pedra-Cristal, Pedra Preciosa, Pêlo de Animais, Lã e muitos outros corpos. A segunda é aquela do Âmbar, [resina] Copal, Goma-Laca, Seda, Linha, Papel, e um vasto número de outros Materiais. A característica dessas duas eletricidades é que um Corpo de Eletricidade vítrea, por exemplo, repele todos aqueles que possuem a mesma Eletricidade, e ao contrário, atrai todos aqueles de Eletricidade resinosa [...] (DU FAY apud BOSS e CALUZI, 2007, p. 643).

Já Benjamin Franklin adotava outra interpretação:

A teoria de Franklin baseava-se na ideia de que os corpos seriam formados pela matéria comum e também por um único tipo de matéria elétrica – o “fogo elétrico” – que teria o poder de atrair a matéria ordinária e repelir suas próprias partículas. [...] (SILVA e PIMENTEL, 2008, p.119).

Franklin também afirmava que a atração ou repulsão ocorria quando havia falta ou excesso da matéria elétrica. Ele explicava que, ao atritar dois corpos, um no outro, a falta da matéria em um dos corpos seria a mesma quantidade do excesso de matéria no outro corpo. À falta desta ele chamou de corpo negativo; e o seu excesso, de corpo positivo.

As duas concepções (duas eletricidades ou um único fluido elétrico) permeavam as explicações para os fenômenos envolvendo a eletricidade estática e assim permaneceu durante muito tempo (HEILBRON, 1979, p.431). Entretanto, ambas possuíam falhas: Franklin não explicava a repulsão quando dois materiais estavam com falta de fluido elétrico (SILVA e PIMENTEL, 2008, p.120) e Du Fay não conseguia classificar os metais entre a eletricidade vítrea e resinosa (BOSS e CALUZI, 2007).

A discussão sobre a natureza da eletricidade permaneceu até meados de 1913, quando foi estabelecido o conceito de carga por Robert Millikan (HOME, 2003, p. 236) e a eletricidade passou a ser entendida como fluxo de cargas. Até então se sabia que, de fato, existia a eletricidade, mas não se sabia ao certo qual sua natureza. Além das concepções já

descritas, havia outras possíveis explicações, porém, nenhuma delas parecia atender todos os fenômenos observados³.

3.2. Instrumentos elétricos – a contribuição de Volta

No entanto, não conhecer a natureza da eletricidade não impediu que vários equipamentos fossem construídos com finalidades úteis para a sociedade, a partir dos fenômenos elétricos. Entretanto, os estudiosos do período não conseguiam explicar a teoria que envolvia o seu funcionamento. Mesmo não entendendo sua natureza e suas implicações, experimentos envolvendo eletricidade começaram a fazer parte da vida cotidiana da sociedade durante o século XVIII. O fenômeno de atração e repulsão e os choques provocados pelas descargas eram utilizados em exposições públicas, bailes e também em aplicações médicas (PANCALDI, 2003, p. 103; CALUZI, 2006, SILVA, 2011).

Discutir a natureza de fenômenos, como por exemplo aqueles envolvendo a eletricidade, era complexo para os filósofos naturais do século XVIII, pois não era intuitivo supor algo que se transferisse de um corpo para outro sem um meio intermediando. Adotar a eletricidade como um fluido contínuo, que percorria um corpo parecia ser o mais aceitável, ainda mais porque havia outros entes imponderáveis que parecia ser tão reais quanto à eletricidade como, por exemplo, o éter, que pareciam explicar grande parte dos fenômenos. Notamos que o desenvolvimento de instrumentos, a ciência aplicada, não implica em respostas teóricas. Experimentos, instrumentos e tecnologias não necessariamente trazem respostas sobre a natureza do fenômeno.

Durante esse período de discussão, nasce em 18 de fevereiro de 1745, na cidade de Como, na Itália, Alessandro Giuseppe Antonio Volta. As doutrinas jesuítas fizeram parte de sua cultura, contudo suas habilidades para as ciências não o permitiram permanecer muito tempo na vida religiosa, e em 1763, aos dezoito anos iniciou, por si só, seus estudos sobre a eletricidade (CHALLEY, 2007, p. 2553). Ele publicou sua primeira dissertação em 1769, em latim, chamada *De vis Attractiva* (Da força atrativa). Nesta dissertação Volta discute a causa dos movimentos elétricos, o caso do corpo eletrificado ter ao mesmo tempo a propriedade de atrair ou repelir, o alcance da atração elétrica, o estado de saturação⁴ de um corpo, e ainda

³ Para mais detalhes sobre os estudos de eletricidade nos séculos XVII e XVIII, sugerimos a leitura de Heilbron (1979)

⁴ É o estado em que as atrações integradas das partículas para os fluidos elétricos estão exatamente satisfeitas (Challey, 2007, p.2553).

analisa a indução em um condutor isolado sob a influência de um corpo carregado positivamente (CHALLEY, 2007, p. 2553, 2554). Esta obra contou com o apoio teórico de Nollet e Beccaria⁵, com os quais Volta se comunicava através de cartas.

Além desse trabalho inicial, de 1769, Volta ainda realizou dois grandes feitos: a construção do eletróforo e da pilha, com a qual ele ganhou o título de Conde. Isso se deu porque no mesmo período em que ele publicou seus feitos, que o levou a pilha, na Royal Society de Londres, em 1800, Napoleão planejava invadir a Itália e conseguir aliados às suas tropas francesas, e Alessandro Volta foi um deles. Talvez isso tenha sido um grande diferencial entre Volta e os demais estudiosos da eletricidade.

Volta, em seus estudos também estabelece que, o fluido elétrico de um corpo eletrificado e carregado positivamente⁶ não estaria mais ao redor do corpo e sim no ar que o envolve, o que nos leva a perceber que o estudioso italiano já previu algo como um campo entre os corpos atritados. Ele também notou uma relação entre “a capacidade de um condutor C e a tensão T de sua carga Q, que se modifica com a distância a outros condutores” (CHALLEY, 2007, p.2555), ao construir um condensador, cuja finalidade era detectar a eletricidade atmosférica.

Cabe salientar que os conceitos adotados por Challey (*op. cit.*) estão em desacordo com o contexto de Volta. Durante o século XVIII e até o final do século XIX, quando Joseph John Thomson detectou o que seria o elétron em 1897, a eletricidade foi sempre tratada como um fluido sutil. Em 1778 ainda não havia para Volta e seus contemporâneos o conceito de carga. Assim, ao tratarmos de “carga” em Volta devemos considerar que não são prótons e elétrons como pensamos hoje, mas simplesmente “eletricidade” (PANCALDI, 2003, p. 88-90).

De acordo com Pancaldi (2003, p. 98), Volta inicia estudos sobre os experimentos de Joham Carl Wilcke (1732-1796) e Franz Wrich Teodósio Aepinus (1724-1802), descritos por Joseph Priestley(1733-1804) e Carlo Barletti (1735-1800), em 1771. Um desses experimentos consistia de enxofre derretido sobre copos de metal. Quando eles estavam em contato, o metal e o enxofre, não havia eletricidade, mas ao separá-los, ambos tinham sinais elétricos: o copo adquiria eletricidade negativa e o enxofre eletricidade positiva (figura 1a). “Essa experiência desempenhou um papel fundamental no caminho de Volta ao eletróforo” (PANCALDI, 2003,

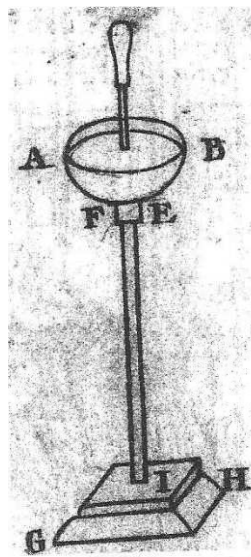
⁵ Sobre os trabalhos de Nollet e Beccaria, sugerimos a leitura de Heilbron (1979).

⁶ Ao usar o termo “positivamente” Volta está se referindo ao excesso de fluido elétrico.

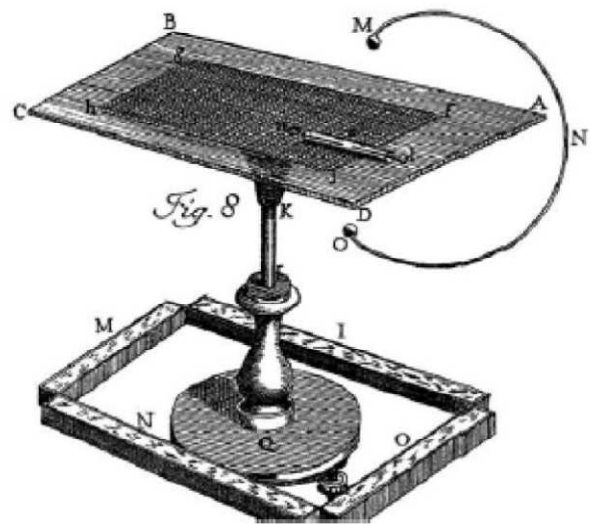
p. 98). Outro equipamento que possivelmente serviu de “espelho” para o estudioso foi o quadrado de Franklin⁷ (figura 1b)

O "quadrado" (um condensador de placas paralelas) consistia de uma placa de vidro na qual eram aplicados dois revestimentos de metal em ambos os lados, agindo como os dois revestimentos no frasco [a garrafa de Leyden] (a forma do vidro e revestimentos tinham sido demonstrado ser irrelevantes para o funcionamento do aparelho) (PANCALDI, 2003, p.78).

Figura 1: (a) Aparato de Aepinus e (b) quadrado de Franklin.



(a)



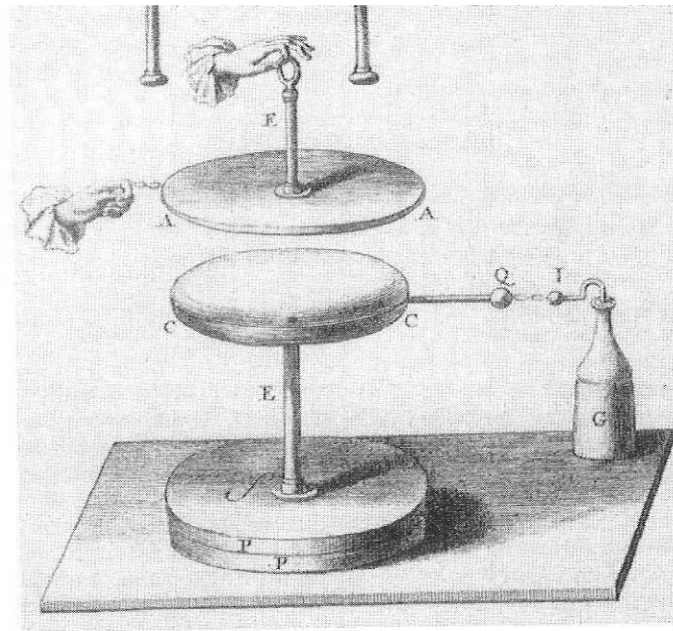
(b)

Fonte: Pancaldi (2003, p. 97 e p. 78)

Observando a figura 2 abaixo é nítido as semelhanças entre o três aparatos.

⁷ O quadrado de Franklin também funcionava como uma garrafa de Leyden, armazenando a eletricidade através dos dois metais (PANCALDI, 2003, p.78).

Figura 2: eletróforo de Volta



Fonte: Pancaldi (2003, p. 74)

Seguindo a suposta ideia de Wilcke e Aepinus que a atividade descrita acima poderia levar a uma máquina simples, replicável e portátil, Volta inicia seus estudos para a realização desta em 1773, quando, após testar infinitas combinações de materiais dielétricos, ele chega ao eletróforo (VOLTA, 1775).

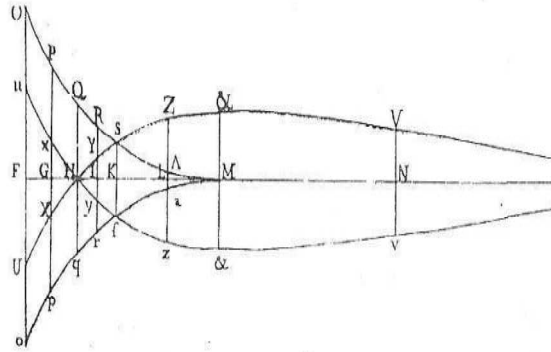
O eletróforo era um instrumento simples composto por: um escudo de metal, uma haste isolante, um “bolo”⁸ de resina e um segundo disco de metal sobre o “bolo” (opcional). Ele funcionava da seguinte forma: Atritava-se o “bolo” de resina (prato inferior), depois colocava-se o escudo de metal, segurado por uma haste isolante, sobre o “bolo”. Uma pessoa tocava o escudo com um dedo, e com outro dedo tocava o prato inferior (figura 2). Posteriormente levantava-se o escudo e o tocava novamente, nesse último processo era observado uma faísca. Essa operação poderia ser realizada várias vezes sem que precisasse recarregar o escudo (VOLTA, 1775).

Em 1775, Alessandro Volta tornou público seus feitos com o eletróforo, ao escrever uma carta a Priestley (1733-1804). Nela, descreveu detalhadamente como funciona esse equipamento, sua aplicabilidade e tentou derrubar o que Beccaria chamava de “Vindicating Electricity” (Eletricidade Vindicativa). Para Beccaria, a eletricidade ocasionada pelo atrito

⁸Pancaldi, 2003, p.73. Volta chamava de “bolo” o prato inferior do eletróforo que era coberto por um material resinoso.

iria reduzindo com o passar do tempo, decrescendo quase numa função exponencial, como mostra a figura 3. Mas o eletróforo de volta parecia fornecer eletricidade infinitamente.

Figura 3: Decréscimo da eletricidade segundo Beccaria.

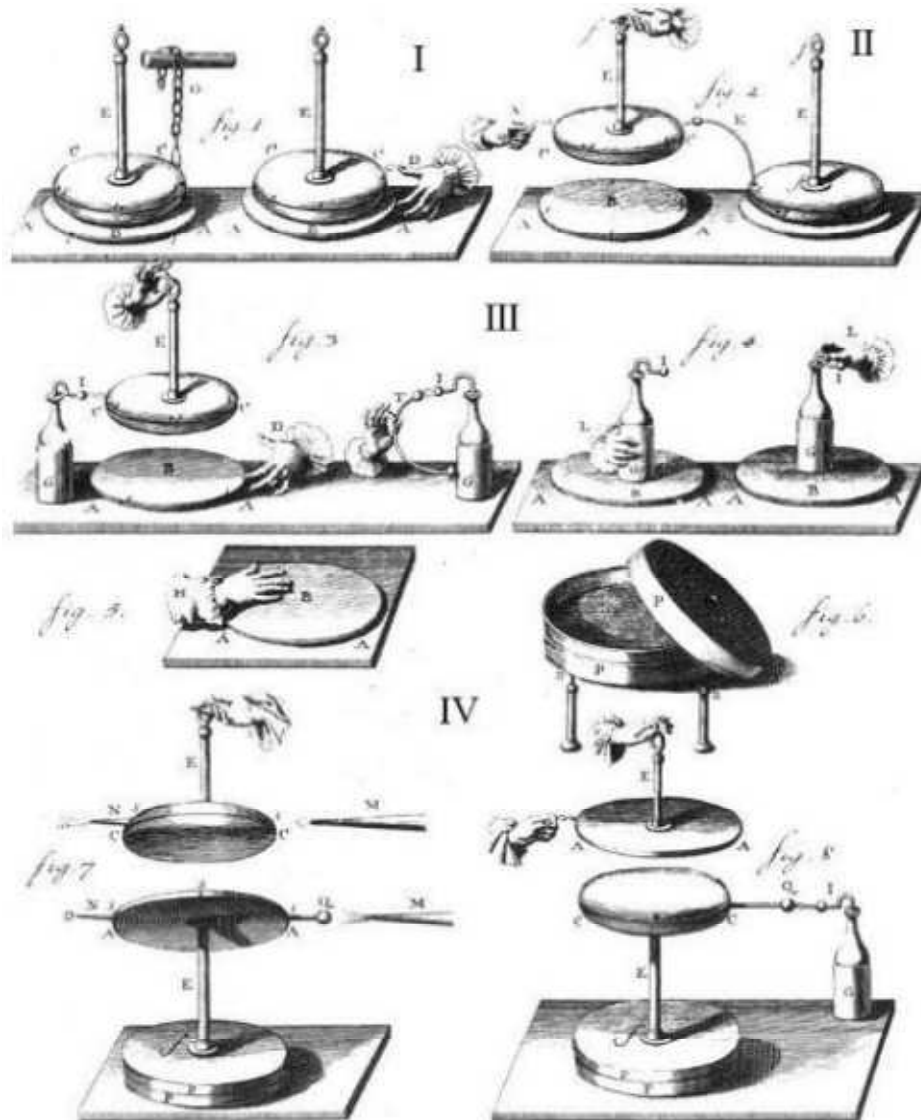


Fonte: Heilbron (1979, p. 409)

Segundo Pancaldi (2003), Volta só chegou a construir o eletróforo numa tentativa e erro de combinações de dielétricos, mas ele já tinha conhecimento de equipamentos como os já citados antes, de Franklin e Aepinus, o que nos leva a conjecturar que o estudioso aperfeiçoou o que já existia na época. Ele utilizou uma circunferência perfeita ao invés de um quadrado, pois observou que a eletricidade se distribuía uniformemente pela superfície e não apenas nas extremidades como o quadrado de Franklin. Entretanto, Volta não sabia explicar teoricamente como funcionava seu instrumento, o porquê dele usar uma circunferência, e a faísca que o mesmo produzia também era uma incógnita para ele.

No início de sua carreira Volta se baseava muito nos estudos de Beccaria, entretanto, quando ele publicou essa obra o mesmo não concordou com a afirmação que quando as duas partes do eletróforo estão em contato há eletricidade nelas. Para Beccaria isso não ocorria, ou seja, ele afirmava que só havia eletricidade quando ambas as partes estavam separadas, isso era o que ele chamava de *Vindicare Eletricidade*. Isso gerou bastante discussão na época, foi quando Volta decidiu então acabar com o problema e definiu o que acontecia no eletróforo como *Eletricità vindice indeficiente* (VOLTA, 1775; HEILBRON, 2003, p.417, 418).

Figura 4: O eletróforo.



Fonte: Pancaldi, (2003, p. 101)

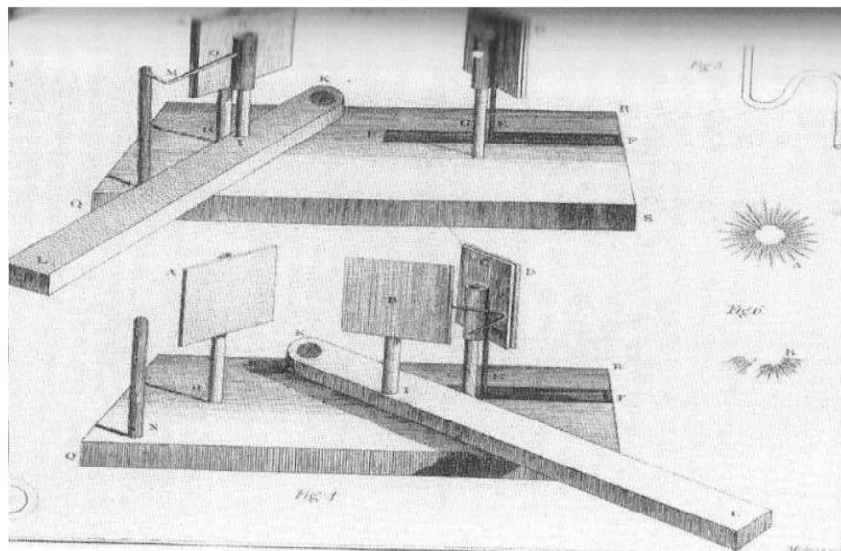
A figura 4 (parte I), acima mostra como funciona o eletróforo passo a passo. Inicialmente atrita-se a parte inferior *B* com algum tecido, em seguida segurando a parte superior *C* pela haste isolante *E*, colocam-se ambas em contato e tocando na parte superior descarrega o eletróforo. Ao separá-las e aproximar o dedo da parte superior *C* observa-se que o equipamento continua carregado, pois o mesmo emite uma faísca. Na parte II mostra que um eletróforo carregado, ou seja, uma vez atritado pode recarregar vários outros eletróforos indefinidas vezes sem precisar atritar o primeiro novamente, usando apenas o arco *K* para carregá-lo. A parte III diz respeito ao carregamento de uma garrafa de Leyden pela parte

superior do equipamento e o descarregamento da mesma através de um aterramento com o arco *K*. Por fim, a última parte da imagem, IV demonstra que a garrafa de Leyden também pode ser carregada na parte *B* do eletróforo e descarregada ao tocá-la.

O eletróforo foi bem aceito na sociedade científica e teve grande utilidade na medicina, em tratamentos de paralisia e surdez, mas essas informações são um tanto controversas segundo Pancaldi (2003).

Posteriormente novos dispositivos com a mesma função do eletróforo foram desenvolvidos como o modelo de Cavallo em 1795, e que segundo ele permitiria multiplicar a eletricidade armazenada e reduzia o risco de atritos acidentais (PANCALDI, 2003, p. 188) (Figura 5). Esse instrumento consistia em um prato *A*, excitado, como o bolo de resina do eletróforo, e um prato *B*, de metal, ligado a alavanca, mostrada na figura 5. Ao mover a alavanca, o prato *B* entra em contato com o prato *C* carregando-o. Esses dispositivos, juntamente com a pilha, acabaram levando a novos conhecimentos sobre a natureza da eletricidade.

Figura 5:Eletróforo de Cavallo.



Fonte: Pancaldi, (2003, p. 189)

4 A SEQUÊNCIA DIDÁTICA – PROPOSTA INICIAL (TEÓRICA)

Após o estudo histórico do episódio citado anteriormente, planejamos sua utilização com alunos da educação básica, de forma que pudessem compreender a natureza da ciência, com destaque para a provisoriedade do conhecimento científico e a influência do contexto. E ainda, auxiliá-los, ao mesmo tempo, a compreender os conceitos relacionados à eletrostática.

Para tanto, utilizando referenciais teóricos como Rosa e Rosa (2012), Zabala (1998) e Moreira (2011), propomos uma atividade investigativa, sendo ela, a construção do eletróforo pelos alunos. O uso destes referenciais se deve ao fato de que trazem uma abordagem de ensino diferenciada, a qual visa que o aluno seja um agente ativo no processo do ensino-aprendizagem, deixando de ser apenas um receptor de informação.

Rosa e Rosa (2012) propõem uma atividade experimental dividida nas etapas: pré-experimental, onde é proporcionado “ao estudante discussões que lhe mostrem os conhecimentos envolvidos no estudo” (ROSA e ROSA, 2012, p. 5); a experimental, nela acontece a montagem do experimento, porém:

não apresentando receituários estruturados e compostos por passos rígidos e sequenciais. Ao contrário, deseja-se que esse “modo de fazer” seja entendido como decorrente das discussões iniciais presentes na etapa pré-experimental, sendo apresentado de forma a levar os estudantes a pensarem e planejarem suas ações entendendo o que e por que proceder de determinada forma (ROSA e ROSA, 2012, p. 5).

Posteriormente temos a etapa pós-experimental, que consiste numa “discussão dos resultados obtidos representando um momento de construção do conhecimento” (ROSA e ROSA, 2012, p. 6).

Da proposta de Zabala (1998), buscamos aplicar na abordagem de conteúdos suas três categorias: conceituais, procedimentais e atitudinais. Nos conceituais, objetivou-se que o aluno compreenda os conceitos abordados de maneira que seja capaz de aplicá-los em qualquer situação que lhe seja exigido tal conhecimento; nos procedimentais, desenvolveu-se a capacidade de realizarem uma ação em conjunto, ou seja, a montagem do eletróforo, utilizando os conhecimentos adquiridos no processo conceitual; e nos atitudinais, visamos observar quais seriam as atitudes tomadas pelos alunos, diante da ação realizada.

Já de Moreira (2011), usamos seus aspectos sequenciais: definir o tema a ser abordado; propor situações em que o aluno exponha seus conhecimentos prévios; propor uma situação-problema para iniciar o tema escolhido; iniciar o conteúdo a ser trabalhado, de uma forma geral; retomar ao conteúdo de forma mais complexa e estruturante; e por fim temos o

processo de avaliação, que deve ser individual e somativa, estando o docente atento para qualquer informação que traga a evidência de uma aprendizagem significativa.

Seguindo, portanto, as ideias citadas acima, elaboramos um plano de ensino, de cinco encontros com duração de 90 minutos. No primeiro encontro, em um primeiro momento, será apresentado o tema e a pergunta problema: *o que vocês conhecem acerca da eletricidade?* Coletaremos as respostas em um quadro de ideias. Após esta discussão, será mostrado o eletróforo, sem explicar os fenômenos que nele ocorrem. No último momento, os alunos explicarão o fenômeno elétrico do eletróforo, a partir de seus conhecimentos prévios, o que resultará na construção de um quadro de hipóteses. Esse encontro terminará com uma primeira tentativa de montagem do eletróforo, por equipes de cinco alunos, e os mesmos utilizarão apenas suas informações prévias sobre o tema e não terão nenhum roteiro. No final, em outro quadro de ideias, eles deverão justificar suas escolhas de materiais, seus procedimentos de montagem e relatar se o equipamento funcionou ou não como o esperado. Caso não funcione, os mesmos terão que justificar o por quê.

No segundo encontro, inicialmente, apresentaremos as interpretações da natureza da eletricidade no século XVIII. Isso será feito de forma dialogada e problematizada, com base na leitura de um texto que será entregue aos alunos. Posteriormente, relataremos como a ciência era presente na cultura das sociedades. Isso será realizado com o auxílio dos vídeos 1A⁹ e 1B¹⁰. Por fim, iremos debater com os alunos sobre a construção do conhecimento científico, que o mesmo é provisório e se desenvolve inserido em um contexto de uma determinada época.

Até o momento, o plano de ensino cumpre a abordagem de conceitos abordados por Zabala (1998). Apresentou no primeiro encontro, conteúdos conceituais, e no segundo encontro abrange os conteúdos conceituais, procedimentais e atitudinais. Seguindo também a proposta pré-experimental apresentada em Rosa e Rosa (2012), que diz que antes da atividade investigativa deve-se apresentar ao aluno uma pré-teoria em três formas: formulação de perguntas, problematização do conteúdo e retomada histórica do conteúdo proposto.

Seguindo com o plano de ensino, no terceiro encontro será retomada a apresentação do eletróforo e os alunos deverão explicá-lo novamente, agora tomando como base o conteúdo histórico apresentado, criando um novo quadro de hipóteses. No segundo momento deste encontro o aluno reproduzirá o eletróforo, tomando como base apenas o que lhe foi apresentado, ou seja, ele irá construí-lo sem roteiro de atividades. A atividade será realizada

⁹ Disponível em : <https://www.youtube.com/watch?v=AurTtzpAr4c>

¹⁰ Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=Gtp51eZkwoI>

em grupos, de no máximo cinco alunos, proporcionando assim um ambiente de discussão, resolução de problemas e construção de conhecimentos. Ao término da atividade cada grupo deve verificar e explicar se seu eletróforo funcionou corretamente, e se não funcionou explicar também qual foi o erro e como ele poderia solucioná-lo. Os mesmos também deverão relatar o que mudou da primeira montagem, e o porque houve essa mudança. Neste encontro temos a etapa experimental, segundo Rosa e Rosa (2012) e o desenvolvimento de conteúdos conceituais e procedimentais (ZABALA, 1998).

No quarto encontro, será ministrado o conteúdo proposto pelo livro didático, retomando a situação problema inicial: *o que vocês conhecem acerca da eletricidade?* O encontro será dialogado, problematizando e relacionando o conteúdo e a situação problema com o cotidiano dos alunos. No último momento responderemos as dúvidas da turma.

No quinto e último encontro, novamente retomaremos ao eletróforo e como os alunos o explicariam de acordo com o conteúdo abordado no encontro anterior. No momento seguinte será mostrado um vídeo ¹¹ sobre o funcionamento do eletróforo seguindo a teoria atual da eletricidade. Posteriormente, haverá um debate de ideias sobre todo o processo que ocorreu até o momento. Neste debate, seguindo as indicações de Moreira (2011), sobre a avaliação somativa, os alunos deverão analisar as informações dos quadros produzidos anteriormente, e mediado pelo docente, seguir com a discussão de ideias. Por fim, será realizado um questionário individual, com as mesmas questões levantadas no debate. Isso será feito, pois há muitos alunos que não conseguem dialogar.

Nesta última etapa do plano ensino, contamos com abordagens de conteúdos conceituais, procedimentais e atitudinais (ZABALA, 1998), seguindo também a etapa pós-experimental (ROSA e ROSA, 2012). Analisando todo o processo de planejamento, também cumprimos com os aspectos sequenciais e a avaliação de desempenho, que aliam a avaliação formativa e avaliação somativa, propostas por Moreira (2011).

Quadro 1: Descrição sucinta do plano de ensino. Os planos de aula correspondentes podem ser encontrados no apêndice A.

¹¹ Disponível em <https://youtube/e1cIUQtoMiw>

Encontros /tempo	Momento 1	Momento 2	Momento 3	Objetivo	Recursos didático-pedagógicos
1º / 90 min	Problematizar sobre: o que <i>vocês</i> sabem sobre a eletricidade?	Apresentar o experimento histórico: o eletróforo de Volta. Explicação dos alunos a partir dos conhecimentos prévios.	Primeira montagem do eletróforo.	Conhecer os conhecimentos prévios dos alunos.	Quadro, pincel ou giz, eletróforo.
2º / 90 min	Abordar as interpretações para a natureza da eletricidade.	Mostrar como as atividades experimentais eram apresentadas à sociedade através de um vídeo.	Mostrar que o conhecimento científico é provisório e está inserido em um contexto.	Abordar a história da eletricidade. Mostrar que há mais de uma forma de explicar o mesmo fenômeno.	Data-show, Vídeo 1A e 1B, texto, quadro, pincel ou giz.
3º / 90 min	Retornar ao experimento do 1º encontro. Como os alunos o explicam após a abordagem sobre a natureza da eletricidade.	Segunda montagem do eletróforo pelos alunos.	Os alunos devem verificar os resultados da atividade investigativa e responder o quadro de hipóteses.	Propor uma atividade investigativa, a fim de despertar nos alunos sua capacidade de resolver problemas.	Eletróforo pronto como modelo, marmitta de alumínio, copo plástico descartável, cola quente, lâmpada fluorescente comum, plástico usado em radiografias para base.
4º / 90 min	Apresentar o conteúdo atual sobre os processos elétricos retomando a situação problema inicial.	Contextualizar o conteúdo com o cotidiano dos alunos.	Responder aos questionamentos dos alunos.	Trabalhar como são os processos elétricos atualmente.	Quadro, pincel, livro didático.
5º / 90 min	Retomar o experimento e investigar como os alunos o explicam agora, após o conteúdo ter sido ministrado.	Apresentar um vídeo explicando o princípio do eletróforo com as teorias atuais de eletricidade.	Debater sobre o que foi aprendido nos encontros anteriores e responder um questionário.	Propor um ambiente de discussão e construção de conhecimentos, a partir da relação entre o experimento e a teoria.	Data-show, vídeo, quadro, pincel ou giz.

Fonte: Próprio autor

5 NA SALA DE AULA – EXECUÇÃO DA PROPOSTA E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

O plano de ensino proposto na sequência didática anterior foi aplicado na Escola Estadual de Ensino Fundamental e Médio Solon de Lucena, na cidade de Campina Grande no Estado da Paraíba. As aulas foram desenvolvidas pela pesquisadora, numa turma de terceiro ano do Ensino Médio, com 25 alunos matriculados, dos quais 17 a 19 frequentaram todas as aulas. A proposta correspondeu integralmente ao primeiro bimestre do ano letivo, iniciando em 17 de fevereiro e terminando em 14 de março de 2017. O professor efetivo fez a apresentação inicial da pesquisadora para a turma como estagiária e não acompanhou sua atuação dentro da sala de aula. Nesta instituição o horário das aulas é reduzido, portanto, os encontros foram de 80 minutos, e não de 90 minutos.

5.1 Primeiro encontro do plano de ensino – 1º e 2º dia de aula

Seguindo como o planejado demos início ao primeiro encontro com as problematizações iniciais, começando pela pergunta-problema: *o que vocês sabem acerca da eletricidade?* Porém, não houve respostas, a turma permaneceu em silêncio. Depois, mostramos o funcionamento do eletróforo (figura 6 a) e também do versório (figura 6 b). E foi levantado o questionamento: *o que vocês acham que ocorre nesses instrumentos para que eles produzam os efeitos observados?* Porém, o silêncio, permaneceu. Para então tomar conhecimentos de seus saberes prévios, elaboramos seis questões sobre o que foi mostrado a eles (ver apêndice B).

Figura 6: instrumentos usados em sala de aula. (a) Eletróforo. (b) Versório.



(a)



(b)

Fonte: próprio autor

Quando questionados sobre o que eles sabiam acerca da eletricidade, a maioria respondeu que era algo relacionado à “energia elétrica” e “movimento de cargas” ou “atração e repulsão de cargas”. Referente à pergunta “*porque o eletróforo libera faísca quando é tocado?*” alguns responderam que era devido o acúmulo de cargas que havia na superfície do instrumento, outros diziam que era porque o corpo de quem o tocava era condutor. Outras respostas não faziam sentido, como por exemplo, uma aluna relacionou a faísca referente a pergunta com a faísca causada na combustão que ocorre quando se acende um fósforo, e outro aluno explicou ser por causa da energia emitida pelo material e por causa de sua cor.

Foi questionado também sobre o efeito demonstrado do versório, que foi a terceira pergunta do questionário (Apêndice B). 80% respondeu que o efeito era porque cargas iguais se repelem e cargas diferentes se atraem, porém houve explicações também sem conexão com o tema, como por exemplo, uma aluna respondeu ser por causa do calor que a mão possui.

Notamos que, 90% da turma já tinha como conhecimento prévio que o que causa o fenômeno da eletricidade está relacionado com cargas, mesmo sem saber ao certo como ele acontece. Isso nos leva a refletir: Como será que eles adquiriram tais informações? Talvez a resposta para esta pergunta seja que eles tivessem estudado algo sobre cargas na disciplina de química. O fato é que, como eles já sabiam de certa forma que a eletricidade é devido à presença de cargas, ficou um pouco complicado trabalhar o episódio histórico sobre os conceitos eletrostáticos do século XVIII (fluidos elétricos), gerando um obstáculo epistemológico. Após eles responderem, e entregarem à pesquisadora, foi iniciada a primeira montagem do eletróforo. Foram formados quatro grupos de cinco pessoas, cada um deles recebeu vários materiais para realização desta atividade e um quadro de ideias a ser respondido (Apêndice C). Ao iniciá-la os alunos pediram para tocar no eletróforo, para saber qual a textura de cada parte do equipamento, o que tinha nele, ou seja, tudo que pudesse lhes auxiliar na escolha dos materiais. Neste momento, as equipes se preocuparam mais no tipo de material que mais parecia com o que foi apresentado à turma do que, por que usar tal material? Será que tal material vai realizar a função desejada para obter o efeito esperado? Entretanto, é interessante levar em consideração o fato de que as equipes não possuíam o conhecimento sobre o que causava o efeito nesses materiais, ou seja, o fato deles serem condutores ou isolantes.

60% dos grupos acertaram na escolha do material (capa para encadernação) para a base do eletróforo, guiando-se pela textura do material. Outro grupo utilizou como base a

folha de alumínio colada na capa de encadernação, e outro grupo usou o fundo da marmita. Para o escudo algumas equipes usaram a folha de alumínio, outras usaram a capa de encadernação e outra utilizou o fundo da marmita. Já para a haste todos os grupos utilizam copo descartável e palito de picolé, e dois grupos ainda usaram para esta parte do instrumento folha de E.V.A.

Entretanto, o tempo da aula não foi suficiente, acredito pelo fato das questões que foram trabalhadas em forma escrita, diferente do que estava previsto. Mas para que a atividade de construção do eletróforo fosse concluída, ela teve continuidade na aula da semana posterior, com uma duração de 40 minutos, adiando o previsto para o segundo encontro do plano de ensino. Durante essa aula, eles retomaram o que já tinham feito. Um dos grupos finalizou, porém seu eletróforo não funcionou, outras equipes discutiram as ideias, mas não concretizaram na prática o que estavam pensando. Eles ficaram um tanto atordoados para tentarem novamente, pois o tempo havia se esgotado.

5.2 Segundo encontro do plano de ensino – 3º e 4º dia de aula

No próximo encontro deveríamos iniciar com o planejado: trabalhar a história da eletricidade. Mas, como havia equipes que não tinham construído nenhuma parte de seu instrumento, dividimos em dois momentos este encontro: destinamos 40 minutos para os alunos finalizarem a etapa de construção, e 40 minutos para iniciarmos a leitura e discussão do texto (ver Apêndice D) do episódio histórico. Os grupos finalizaram a construção do eletróforo, mas nenhum deles funcionou como o modelo. Os grupos entregaram um quadro de ideias (Apêndice C) com as informações: que materiais foram utilizados, quais foram os passos da montagem, o que eles esperavam que acontecesse e o que realmente aconteceu.

As respostas foram muito diretas, por exemplo, ao serem questionados sobre “o por que o instrumento não funcionou e qual solução eles dariam para resolver esse problema”, eles apenas afirmavam que os materiais escolhidos não estavam corretos. Não havia contextualização nas respostas, e eles nem procuravam refletir em uma possível solução o que nos leva a refletir que os alunos não conseguem desenvolver os conteúdos atitudinais, proposto por Zabala (1998).

Durante a discussão do texto, para que houvesse maior interação entre a pesquisadora e os alunos, pedimos para que cada um fizesse a leitura por partes, porém a maioria se

recusou, o que tornou a discussão um pouco monótona, mesmo com a utilização dos vídeos 1A e 1B. Em nenhum, momento os alunos fizeram comentários ou perguntas.

Na aula seguinte¹², também de 80 minutos, terminamos a discussão do texto e aplicamos um exercício escrito (Apêndice E) referente ao mesmo. Cerca de três alunos o responderam esta atividade com êxito, o restante parecia não estar compreendendo o era pedido nas questões, pois as respostas não condiziam com o que se era questionado. Por exemplo, ao pedir que eles se incluíssem numa época que apenas sabia-se que ao atritar um corpo ele poderia atrair ou repelir outro corpo, como eles explicariam esse fenômeno, a maioria repetiu a história sobre o âmbar que é relatada no texto (Apêndice D) que foi entregue a eles.

5.3 Terceiro encontro do plano – 5º dia de aula

Então, na aula posterior (de 40 min), os grupos receberam novos materiais para uma segunda montagem do instrumento de Alessandro Volta (figura 7). A 95% dos grupos, após a leitura do texto retratando o episódio histórico, acertou na escolha e montagem básica do eletróforo, porém ele ainda não teve o resultado esperado. Para tanto, a pesquisadora deu-lhes algumas dicas que os auxiliassem na solução do problema¹³ encontrado no equipamento montado. Com esta ajuda os grupos conseguiram obter os resultados desejados, e novamente, todos os grupos responderam um quadro de hipóteses (Apêndice F), semelhante ao que foi realizado na primeira montagem do eletróforo. Novamente as respostas foram sempre diretas e sem contextualização. É possível ver os resultados obtidos dos instrumentos montados nas figuras de 8 a 12.

¹² Entre a discussão do texto e o exercício sobre a parte histórica houve o intervalo de uma semana, decorrente de feriado previsto no calendário escolar.

¹³ O problema que os alunos não conseguiam resolver era que a parte superior do eletróforo estava ficando muito solta, o que impedia que as cargas ficassem bem distribuídas, então a pesquisadora deu a ideia de fixar a folha de alumínio na marmitta.

Figura 7: Alguns materiais para a montagem do eletróforo



Fonte: próprio autor.

Figura 8: Eletróforos, 1e 2, do grupo 1



Fonte: próprio autor

Figura 9: Eletróforos, 1e 2, do grupo 2



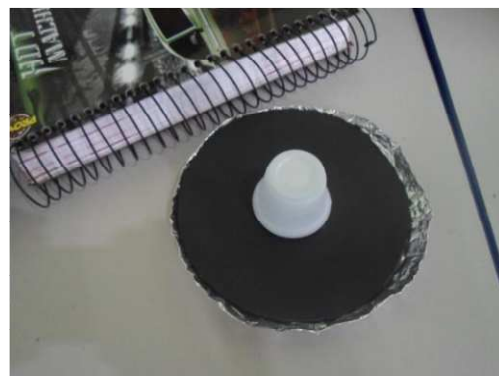
Fonte: próprio autor

Figura 10: Eletróforos, 1e 2, do grupo 3



Fonte: próprio autor

Figura 11: Eletróforo 1 do grupo 4



Fonte: próprio autor

Figura 12: Eletróforo 2 do grupo 4



Fonte: próprio autor

5.4 Quarto encontro do plano de ensino – 6º dia de aula

No penúltimo encontro (80 min), foi apresentado o conteúdo *Propriedades elétricas da matéria*. Os assuntos trabalhados foram: Quantização da carga elétrica, os tipos de eletrização: por atrito, por indução e por contato, corpos condutores e isolantes e a Lei de Coulomb. Os mesmos foram abordados de forma dialogada¹⁴ e problematizadora, no quadro e com o auxílio do vídeo 2, que, segundo, o plano de ensino, seria mostrado no último encontro, porém, a pesquisadora achou mais dinâmico mostrá-lo durante este encontro.

5.5 Quinto encontro do plano de ensino – 7º dia de aula

No último encontro (40 min), não foi possível realizar o debate proposto no planejamento, pois as escolas estaduais da rede pública iriam entrar em greve, e era preciso que o professor supervisor realizasse uma avaliação escrita, para que finalizasse o primeiro bimestre. Para tanto, foi realizada a avaliação que está no apêndice G. Nela, foi possível avaliar como foi o desenvolvimento dos alunos durante todas as aulas em termos do conteúdo abordado nos encontros anteriores, incluindo a parte histórica. Entretanto, o desempenho da turma não foi satisfatório em nenhum dos conteúdos, houve grande dificuldade em resolver

¹⁴ Lembramos que a forma dialogada se constituiu em perguntas que a pesquisadora fazia durante a exposição do conteúdo, e os questionamentos que os alunos faziam referentes a dúvidas sobre o conteúdo.

questões envolvendo cálculos e, em questões onde eles precisavam discutir ideias, não as apresentavam com clareza.

Devido aos imprevistos decorrentes da duração das aulas e execução das atividades, o plano de ensino, previsto para um total de 450 min, levou 440 min para ser executado. No entanto, foi necessário readequar a distribuição das atividades e procedimentos para a nova realidade.

6 SOBRE A PROPOSTA TEÓRICA E A PRÁTICA

Após a aplicação desta proposta podemos perceber que há uma grande dificuldade entre planejar e aplicar, pois quando planejamos, por mais que analisemos os possíveis problemas que possam surgir e como solucioná-los, quando vamos para a prática tudo ocorre diferente. Temos diversos fatores que contribuem para que isso ocorra, como por exemplo, o tempo escolar, que é diferente do tempo planejado. O tempo de cada aluno, pois cada um tem seu tempo de aprender e realizar tarefas. O posicionamento do docente diante dos possíveis problemas, enfim, há um longo caminho a ser trilhado para aproximar teoria e prática de forma que tudo ocorra como planejado.

Analisando os problemas que surgiram durante esta intervenção, apontamos:

- Falta de experiência da pesquisadora em sala de aula, pois a mesma não contou com o apoio do docente efetivo que ministrava aula na turma;
- Faltou mais esclarecimento das ideias para que os alunos compreendessem o que estava sendo proposto a eles;

Outra questão a ser ponderada é o fato de que, trabalhar metodologias diferentes em um ambiente onde o aluno já está imerso no método tradicional o faz ficar “paralisado” diante das situações problemas a ele apresentadas, pois ele não consegue visualizar uma solução sem ajuda.

Contudo, mesmo que os resultados não tenham sido os esperados, a proposta foi válida por apontar o que precisa ser readequado para outros ambientes e proporcionou uma primeira experiência da pesquisadora como regente da sala de aula. Diante disso, serão feitos ajustes na proposta considerando que é necessário um contato com a turma antes da aplicação da proposta para que o planejamento seja feito de acordo com o público a que se destina. Por se tratar de conteúdo curricular do início do ano letivo, o contato com a turma deve ocorrer ainda durante o segundo ano do ensino médio. Também será necessário um diálogo anterior com os professores responsáveis pelas disciplinas de química e ciência para que saibamos quando e de que forma o conteúdo relativo à constituição da matéria (cargas, elétrons, prótons, nêutrons) é ministrado.

Espera-se que estas modificações, juntamente com mais práticas pedagógicas por parte da pesquisadora, possam aproximar mais o planejamento da execução e atingir os objetivos propostos para a sequência didática.

7 CONCLUSÃO

Para a realização deste trabalho foram necessárias três etapas. A primeira delas consistiu no estudo do episódio histórico sobre o Eletróforo de Volta. Esta etapa fez parte de um projeto de iniciação científica e foi apresentada em evento nacional (15º Seminário Nacional de História da Ciência e Tecnologia), sendo merecedora do prêmio na modalidade de pôster. O estudo de fontes primárias e secundárias para a compreensão dos aspectos históricos envolvendo a eletricidade permitiu o desenvolvimento de competências importantes para o exercício docente, como a argumentação, a escrita e o conhecimento do contexto que permeia o conteúdo científico.

Na segunda etapa, atuamos no planejamento da sequência didática. Esta etapa permitiu o desenvolvimento dos quadros de ideias e hipóteses e também foi objeto de trabalho apresentado em evento (Encontro de Pesquisa e Ensino de Física 2016).

A terceira etapa, e mais desafiadora, foi a execução da sequência didática em sala de aula, o que permitiu uma experiência extremamente enriquecedora para a formação como futura professora. Nesta etapa destacou-se a necessidade de adaptações metodológicas e o aprimoramento de competências relacionadas à prática docente, como saber o tempo didático adequado e lidar com a interação professor-aluno.

A experiência no planejamento e na execução do plano de ensino leva a concluir que a história da ciência aliada com os elementos metodológicos adequados pode influenciar de forma positiva no ensino de Física, levando o aluno muito mais além do que resolver equações, tornando-o um agente reflexivo diante dos problemas.

Entretanto, para que o ensino na educação básica passe a ter essas características é necessária uma mudança no cenário escolar que venha desde o ensino fundamental, para que seja algo do cotidiano dos alunos e não apenas como uma abordagem nova em apenas um único conteúdo e em uma única série.

Portanto, até que isso aconteça docentes e pesquisadores, precisam propor e aplicar novas metodologias, tanto na educação básica quanto na formação de professores, para incentivar a formação de um ambiente que supere o ensino preceptorial e tradicional.

REFERÊNCIAS

- ADMIRAL, T. D., RODRIGUES JR, E., LINHARES, M. P. Estudo de episódio histórico através de experimento: uma proposta de sequência didática. In: XVI Encontro de Pesquisa em Ensino de Física, 2016, Natal (RN). **Anais do XVI EPEF**, 2016.
- ASSIS, André Koch Torres. **Os fundamentos experimentais e históricos da eletricidade**. São Paulo: Editora Livraria da Física, 2011.
- BALDINATO, J. O.; PORTO, P. A. Variações da história da ciência no ensino de ciências. In: Mortimer, E. F. (org.), **Anais do VI Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências**. Belo Horizonte: ABRAPEC, 2008.
- BELTRAN, M. H. R.; SAITO, F.; TRINDADE, L. S. P. **História da Ciência para formação de professores**. 1ªed. São Paulo: Editora Livraria da Física, 2014.
- BOSS, S. L. B. CALUZZI, J. J. Os conceitos da eletricidade vítrea e resinosa segundo Du Fay. **Revista Brasileira do Ensino de Física**, v. 29, n. 4, p. 635-644, 2007.
- CHALLEY, J.F. Alessandro Volta. In: GILLISPIE, C.C. (org). **Dicionário de biografias científicas**. Trad, Carlos Almeida Pereira... [et.al]. Rio de Janeiro: Contraponto, 2007. 3V.
- DARRIGOL, Olivier. **Electrodynamics from Ampère to Einstein**. New York: Oxford University Press, 2005.
- FEIJÓ JUNIOR, Luiz Alberto. **A história do desenvolvimento das máquinas eletrostáticas como estratégia para o ensino de conceitos de eletrostática**. (Trabalho de Conclusão do Curso de Licenciatura em Física) - Faculdade de Física da Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, 2008.
- FORATO, T. C.M.; PIETROCOLA, M.; MARTINS, R. A. Historiografia e natureza da ciência na sala de aula. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 28, n. 1, p. 27-59, 2011.

JUBINI, R. F., LOPES, N. A., ALMEIDA, F. S., PEREIRA, P. H. S. Proposta investigativa para o estudo dos movimentos utilizando um carro de ratoeira. . In: XVI Encontro de Pesquisa em Ensino de Física, 2016, Natal (RN). **Anais do XVI EPEF**, 2016.

MARTINS, R. A.; SILVA, C. C.; PRESTES, M. E. B. History and Philosophy of Science in Science Education, in Brazil. In. MATTHEWS, M. R. (ed.) **International Handbook of Research in History, Philosophy and Science Teaching**. V. 3. London: Springer, 2014.

MOREIRA, Marco Antonio. Unidades de enseñanza potencialmente significativas - UEPS **Aprendizagem Significativa em Revista/Meaningful Learning Review**. 1(2), pp. 43-63, 2011. Versão em português em <http://www.if.ufrgs.br/~moreira/UEPSport.pdf>.

NUNES, Leandro Nery. **Ensinando sobre o potencial elétrico utilizando máquinas eletrostáticas de baixo custo e planilha de dados**. (Mestrado em Ensino de Física) - Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2011.

PANCALDI, Giuliano. **Volta. Science and culture in the age of enlightenment**. Princeton: Princeton University Press, 2003.

PIETROCOLA, M.; POGIBIN, A.; ANDRADE, R.; ROMERO, T. R. **Física em Contextos**. 1ª. Edição. V. 3. São Paulo: FTD, 2010.

PIMENTEL, A. C.; SILVA, C. C. As atmosferas elétricas de Benjamin Franklin e as interações elétricas no século XVIII. In: MARTINS, R. A.; SILVA, C. C.; FERREIRA, J. M. H.; MARTINS, L. A. P. (orgs.) **Filosofia e história da ciência no Cone Sul. Seleção de Trabalhos do 5º encontro**. Campina: Associação de Filosofia e História da Ciência do Cone Sul (AFHIC), 2008.

ROSA, C. T. W., ROSA, A. B. Aulas experimentais na perspectiva construtivista: proposta de organização do roteiro para aulas de física. **Física na escola**, v. 13, nº 1, p. 4-7, 2012.

SANCHES, V. T ., SANTOS, J. M. F., COSTA. G. G. G., CATUNDA, T. Laboratório investigativo de eletricidade: principais dificuldades dos estudantes. In: XVI Encontro de Pesquisa em Ensino de Física, 2016, Natal (RN). **Anais do XVI EPEF**, 2016.

SCHIMIZU, S. I., HORII, C. L., PACCA, J. L. A. Ensinando construtivamente conceitos de eletrostática seguindo um planejamento previsto. In: XX Simpósio Nacional de Ensino de Física, São Paulo. **Anais do XX SNEF**, 2013.

VOLTA, Alessandro. Articolo di una lettera del signor Don Alessandro Volta al signor dottore Giuseppe Priestley, 1775. Disponível em <http://ppp.unipv.it/Volta/Pages/Page3.html>. Acesso em 24 de abril de 2016.

ZABALA, Antoni. **A prática Educativa: Como ensinar**. Porto Alegre: Artmed, 1998.

APÊNDICE A – PLANOS DE AULA

PLANO DE AULA 01

Escola Estadual de Ensino Fundamental e Médio Solon de Lucena

Professora: Ingrid K. Laura dos Santos Pinto

Disciplina: Física

Série: 3º ano

1. Tema:

Abordagem histórica da eletrostática e natureza da eletricidade.

- 2. Objetivo:** Conhecer os conhecimentos prévios dos alunos, para que através disto, as aulas sejam construídas de maneira que eles aprendam de forma significativa. Também será realizado uma construção prévia, feita pelos alunos, do eletróforo de Alessandro Volta.
- 3. Conteúdo:** O que é eletricidade? Como são os processos elétricos?
- 4. Materiais utilizados:** Quadro, pincel, eletróforo de Alessandro Volta, canudo, papel, versório.
- 5. Metodologia:** Este encontro será dividido em dois momentos onde o professor irá analisar os conceitos prévios dos alunos e mostrar alguns experimentos relacionados ao tema. A partir disso a aula terá um caráter expositivo e dialogado.
- 6. Descrição do encontro:** No primeiro momento, deste primeiro encontro, o professor irá problematizar o conteúdo para conhecer qual a visão dos alunos sobre o mesmo. Será feita as seguintes perguntas: *o que vocês conhecem acerca da eletricidade? Como ocorrem os processos elétricos? De acordo com as respostas poderá ser questionado: Por que você acha isso? Será que os conceitos atuais de eletricidade sempre foram o que temos atualmente?* É importante que essas perguntas não sejam respondidas pelo professor nesse momento, mas no último encontro. Será apresentando também neste momento experimentos como o versório e o eletróforo para mostrar como acontece a eletrização por atrito. Este primeiro momento terá uma duração de 20 min. No segundo momento os alunos irão formar equipes e construir um eletróforo, sem nenhum tipo de informação sobre o mesmo, este momento deve durar uns 40 min. Por fim, cada equipe deve responder um quadro de ideias referente ao tema e a construção do instrumento.

7. Avaliação: A avaliação se dará da seguinte forma: será esboçado um quadro de ideias com as respostas dos alunos a pergunta problema, posteriormente, no segundo momento, os mesmos explicarão o fenômeno elétrico do eletróforo, a partir de seus conhecimentos prévios, o que resultará na construção de um quadro de hipóteses construído pelos alunos. Esse encontro terminará com o debate de como as ideias coletadas se relacionam, ou não, com as hipóteses levantadas pelos alunos.

8. Referências:

PIETROCOLA, M.; POGIBIN, A.; ANDRADE, R.; ROMERO, T. R. **Física em Contextos**. 1ª. Edição. V. 3. São Paulo: FTD, 2010.

PLANO DE AULA 02

Escola Estadual de Ensino Fundamental e Médio Solon de Lucena

Professora: Ingrid K. Laura dos Santos Pinto

Disciplina: Física

Série: 3º ano

1. Tema:

Abordagem histórica da eletrostática e natureza da eletricidade.

2. Objetivo: Abordar a história da eletricidade e como se deu o processo de construção deste conhecimento. Mostrar que há mais de uma forma de explicar o mesmo fenômeno.

3. Conteúdo: A História da Eletricidade no século XVIII.

4. Materiais utilizados: Quadro, pincel, Texto, vídeo.

5. Metodologia: Neste encontro será apresentada a história da eletricidade de forma expositiva e dialogada, através da leitura de um texto histórico e apresentação de um vídeo relacionado ao tema.

6. Descrição do encontro: No primeiro momento deste segundo encontro, o professor irá distribuir um artigo entre os alunos. Será feita uma leitura e no decorrer dela o professor fará a discussão sobre o desenvolvimento da eletricidade desde o século XVIII até o século XX. Será abordada também a natureza da eletricidade, se ela é um fluido, dois fluidos ou o alinhamento de cargas. Este momento deve durar 25 min. No segundo momento, com uma duração de 20 min, o professor perguntará aos alunos: *vocês acham que atualmente a teoria dos fluidos elétricos é válida?* De acordo com as

respostas o professor guiará a discussão de forma que os alunos fiquem reflexivos sobre o conteúdo, lembrando que o professor ainda não dará respostas diretas aos alunos. No terceiro momento os alunos responderão questões anexadas ao texto entregue, referente ao mesmo, num tempo de 15 min.

7. Avaliação: A avaliação nesse encontro será de forma contínua, avaliando os questionamentos e respostas dos alunos às questões anexadas ao texto.

8. Referências:

PIETROCOLA, M.; POGIBIN, A.; ANDRADE, R.; ROMERO, T. R. **Física em Contextos**. 1ª. Edição. V. 3. São Paulo: FTD, 2010.

PLANO DE AULA 03

Escola Estadual de Ensino Fundamental e Médio Solon de Lucena

Professora: Ingrid K. Laura dos Santos Pinto

Disciplina: Física

Série: 3º ano

1. Tema:

Abordagem histórica da eletrostática e natureza da eletricidade

2. Objetivo: Retomar a construção do eletróforo feito pelos alunos no primeiro encontro.

Vê se ele funcionou, se não, tentar refazê-lo.

3. Conteúdo: Atividade experimental.

4. Materiais utilizados: Eletróforo pronto como modelo, marmitta de alumínio, copo plástico descartável, cola quente, lâmpada fluorescente comum, plástico usado em radiografias para base.

5. Metodologia: Para a realização da atividade proposta, as equipes, formadas no primeiro encontro, terão que vê se o eletróforo funcionou, se não refazê-lo. Após os eletróforos estiverem prontos as equipes terão que debater sobre os processos de construção e resultados posteriores do seu instrumento.

6. Descrição do encontro: Neste terceiro encontro será retomada a construção do eletróforo e os alunos deverão construí-lo novamente e explicá-lo, agora tomando como base o conteúdo histórico apresentado, criando um novo quadro de hipóteses. Isto deve levar uns 40 min. No segundo momento, em 20 min, cada grupo deve

verificar e explicar se seu eletróforo funcionou corretamente, e se não funcionou explicar também qual foi o erro e como ele poderia solucioná-lo.

7. Avaliação: Os alunos construirão outro quadro de hipóteses sobre suas novas respostas sobre o funcionamento do eletróforo. A atividade experimental será avaliada em sala de aula através das discussões levantadas pelas equipes.

8. Referência:

PIETROCOLA, M.; POGIBIN, A.; ANDRADE, R.; ROMERO, T. R. **Física em Contextos**. 1ª. Edição. V. 3. São Paulo: FTD, 2010.

PLANO DE AULA 04

Escola Estadual de Ensino Fundamental e Médio Solon de Lucena

Professora: Ingrid K. Laura dos Santos Pinto

Disciplina: Física

Série: 3º ano

1. Tema:

Abordagem histórica da eletrostática e natureza da eletricidade.

2. Objetivo: Trabalhar o conteúdo proposto pelo livro didático.

3. Conteúdo: Propriedades elétricas da matéria: cargas, processos de eletrização, condutores e isolantes, Lei de Coulomb.

4. Materiais Utilizados: Quadro, pincel, data-show, vídeo, livro-didático.

5. Metodologia: O conteúdo será ministrado de forma dialogada, problematizando e relacionando o conteúdo e a situação problema com o cotidiano dos alunos.

6. Descrição do encontro: No primeiro momento será apresentado o conteúdo de forma expositiva e dialogada com os alunos. Isso levará 45 min. No segundo momento o professor deve retornar ao que foi ministrado na aula anterior, relacionando e problematizando, com o conteúdo deste encontro, durante 10 min. O terceiro momento, em 5 min, será apresentado um vídeo explicando o funcionamento do eletróforo de acordo com a teoria adotada atualmente.

7. Avaliação: Os alunos deverão responder questões em aberto no quadro de ideias do encontro anterior.

8. Referência:

PIETROCOLA, M.; POGIBIN, A.; ANDRADE, R.; ROMERO, T. R. **Física em Contextos**. 1ª. Edição. V. 3. São Paulo: FTD, 2010.

PLANO DE AULA 05

Escola Estadual de Ensino Fundamental e Médio Solon de Lucena

Professora: Ingrid K. Laura dos Santos Pinto

Disciplina: Física

Série: 3º ano

1. Tema:

Abordagem histórica da eletrostática e natureza da eletricidade.

2. Objetivo: Propor um ambiente de discussão e construção de conhecimentos, a partir da relação entre o experimento e a teoria.

3. Conteúdo: Os conceitos físicos relacionados ao eletróforo de Alessandro Volta e a teoria da Eletricidade.

4. Metodologia: Este encontro terá um caráter reflexivo, onde os alunos irão comparar suas respostas anteriores em seus quadros de hipóteses com os conhecimentos adquiridos ao longo dos encontros passados e discutir entre si e com o professor esse processo.

5. Descrição do encontro: Neste quinto encontro, durante 45 min, será realizado um debate entre as equipe sobre todos os encontros passados. Será entregue questões a cada equipe, referente as respostas coletadas nos quadros de ideias, onde eles terão que responder, a partir destas respostas o professor deverá conduzir o debate. Posteriormente em 15 min, os alunos deverão responder um questionário, individualmente, com as questões discutidas.

6. Avaliação: Será proposta uma avaliação somativa, em que os alunos deverão analisar as informações dos quadros produzidos anteriormente e discutir entre si questões levantadas pelo professor, e depois responder um questionário individualmente.

7. Referência:

PIETROCOLA, M.; POGIBIN, A.; ANDRADE, R.; ROMERO, T. R. **Física em Contextos**. 1ª. Edição. V. 3. São Paulo: FTD, 2010.

APÊNDICE B - EXERCÍCIO DE SONDAÇÃO

1. O que vocês sabem acerca da eletricidade?
2. Por que quando atritamos um corpo ele pode atrair ou repelir outro corpo?
3. Por que o versório é repelido pelo canudo atritado e atraído pela mão?
4. Por que o eletróforo produz uma faísca ao aproximar um corpo dele?
5. Por que precisamos aterrar o eletróforo?
6. Por que ele continua produzindo eletricidade mesmo sem atritá-lo novamente?

APÊNDICE C – QUADRO DE IDEIAS

QUADRO DE IDEIAS!

O que seria de nós hoje sem a eletricidade, num é mesmo? Não teríamos luz elétrica, não poderíamos assistir TV, séries, filmes. Não poderíamos fazer sucos com mais agilidade, não teríamos como conservar nossos alimentos, em fim, fica difícil pensar em viver sem estas coisas. Mas para isso precisamos saber como tudo isso funciona, de onde veio e como tudo começou....

Desafio: Use sua criatividade e tente construir um eletróforo conforme o que o professor mostrou em sala de aula. Você deve tentar fazer que o mesmo produza ao menos uma faísca ou arrepie fios de cabelo.

O que escolhi?

Aqui você deve justificar a escolha dos materiais que você escolheu, explicando o seu papel no instrumento.

Como vou montar?

Descreva a montagem e como os materiais que você escolheu serão articulados.

Materiais:

- Marmitta de alumínio;
- Folha de alumínio;
- E.V.A;
- Cola quente;
- Copo descartável;
- Palito de picolé;
- Capa para encadernação;
- Folha de papel ofício;
- Papel para embrulhar baja;
- Canudo

Obs.: Não é obrigatória a utilização de todos os materiais, podendo, também, ser substituído por algum outro material que você tenha disponível e que ache necessário utilizar.

Como vai funcionar?

Agora que você já sabe o que e como montar, descreva como você espera que seja seu funcionamento, de acordo com a montagem.

Conclusões!

E aí? Deu certo?

Sim! Parabéns, agora conte-nos como o que você esperava que acontecesse foi bem sucedido.

Não! Parabéns, você está um passo de desenvolver um conhecimento novo para você. Comente o que não deu certo e porque você acha que não foi bem sucedido.

Vamos discutir!!!

Agora que você já observou o que deu certo e o que não deu, preencha uma lista citando o que deu certo e o que não deu (por exemplo a escolha dos materiais, a forma como montou, etc), e o que poderia ter sido feito diferente, em uma nova tentativa. Para cada uma explique o porquê.

APÊNDICE D – TEXTO HISTÓRICO

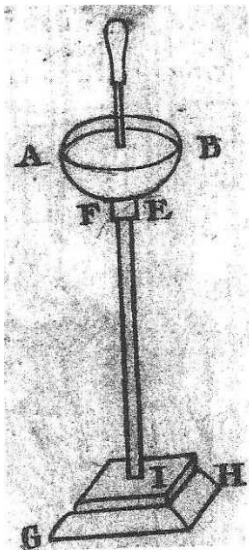
O ELETRÓFORO DE VOLTA E OS ESTUDOS DE ELETROSTÁTICA NO SÉCULO XVIII

Ana Paula Bispo da Silva
Ingrid Kelly Laura dos Santos Pinto

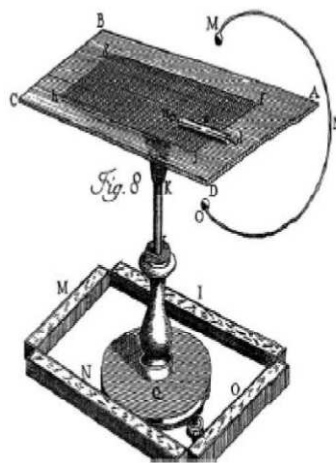
Não se sabe ao certo desde quando se conhece o fenômeno da eletricidade, mas sabe-se que antes de Platão (428-348 a.C.) já se conhecia o âmbar, resina fóssil produzida por certo tipos de árvores e que era usada na confecção de objetos. O âmbar quando atritado adquiria a propriedade de atrair objetos, entretanto a origem e como esse processo ocorria ainda era um mistério. O fato era que o âmbar possuía tal característica, e a partir daí vários estudiosos observaram que outros corpos quando atritados possuíam a mesma característica, e passaram buscar meios de melhor armazenar essa eletricidade produzida. Com isso, muitos levavam seus instrumentos para praças e os apresentavam para o público como espetáculos abertos. Contudo era necessário saber: como ocorre o processo elétrico de dentro de um corpo? E como ele é passado para outro? Um dos maiores questionamentos era: como pode algo passar de um corpo para outro sem um meio? Uma das respostas mais aceitáveis, por assim dizer, era que a eletricidade tinha o comportamento de um fluido. Muitas explicações surgiram, mas foi nos séculos XVII e XVIII que o uso e a discussão deste tema ficaram mais intensos.

Uma das teorias aceitáveis nesse período era de Eletricidade Vítreas e Eletricidade Resinosas, proposta pelo estudioso Charles Du Fay (1698-1736). Segundo ele, cada uma dessas eletricidades era classificada de acordo com o material, por exemplo, os materiais classificados dentro da Eletricidade Vítreas eram o vidro, pedra-cristal, pedra preciosa, pêlo de animais e lã. Já os pertencentes à Eletricidade Resinosa eram âmbar, [resina] copal, goma-laca, seda, linha e papel. Observa-se que os materiais vítreos, quando atritados, repeliam os que eram de mesma “natureza” e atraíam os que eram da Eletricidade Resinosa. Esta teoria respondia as questões referentes à atração e repulsão. Entretanto, Du Fay não conseguia classificar os metais em nenhuma destas divisões, pois o metal ora apresentava eletricidade vítreas, e ora apresentava eletricidade resinosa. Outra teoria adotada era a de Benjamim Franklin (1706-1790) que afirmava: os corpos são formados por uma matéria elétrica (fluido elétrico) e ao atritar dois corpos, um no outro, a falta da matéria em um dos corpos seria a mesma quantidade do excesso de matéria no outro corpo. A falta desta matéria ele chamou de corpo negativo; e o excesso de corpo positivo.

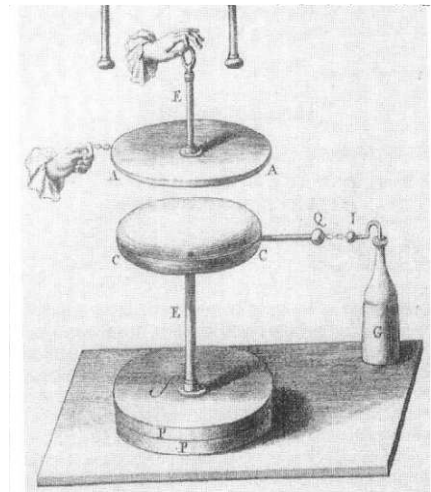
Diante deste cenário, foi que Alessandro Volta (1745-1827) desenvolveu um equipamento chamado de eletróforo. Volta nasceu na cidade de Como, na Itália, em 18 de fevereiro de 1745. Era de família jesuíta, mas aos 18 anos decidiu seguir carreira na ciência. Ele constrói o eletróforo em 1775, o qual consistia num equipamento que servia para armazenar eletricidade, e tinha como base a teoria de Benjamin Franklin, citada anteriormente. Entretanto, não foi porque Alessandro Volta desenvolveu esse instrumento, que o mesmo era algo novo. Antes do eletróforo já havia outros instrumentos com características bem semelhantes, é o exemplo do aparato de Aepinus – era copos de metal com enxofre derretido – e o quadrado de Franklin – era uma placa de vidro com revestimento de dois metais. Já o eletróforo era um instrumento constituído de um escudo de metal, uma haste isolante e uma base de resina. Ele funcionava da seguinte forma: atritava-se a base de resina (prato inferior), depois colocava-se o escudo de metal, segurado por uma haste isolante, sobre a base. Uma pessoa tocava o escudo com um dedo, e com outro dedo tocava o prato inferior. Posteriormente levantava-se o escudo e o tocava novamente; nesse último processo era observado uma faísca. Essa operação poderia ser realizada várias vezes sem que precisasse recarregar o escudo.



Aparatus de Aepinus



Quadrado de Franklin



Eletróforo de Volta

Apesar de Volta ter construído algo com uma função bastante útil, ele não conseguia explicar como o processo elétrico funcionava no eletróforo nem porque era produzida a faísca. Esta explicação só veio posteriormente, através de outros estudiosos quando foram desenvolvidas novas teorias. Concluímos, portanto, com este exemplo, que muitas vezes os instrumentos são construídos, e funcionam, sem que se saiba a teoria envolvida no fenômeno.

APÊNDICE E – EXERCÍCIO REFERENTE AO TEXTO

Escola Estadual de Ensino Fundamental e Médio Solon de Lucena

Aluno (a):

Série:

Turno:

QUESTÕES:

1. Sabendo apenas que ao atritar um corpo ele pode atrair ou repelir outro corpo, tente formular uma explicação para a eletricidade e como ela acontece?
2. Descreva a teorias de Charles Du Fay e Benjamin Franklin no quadro abaixo. Qual você adotaria para seus estudos científicos? Justifique.

Charles Du Fay	Benjamin Franklin

3. A partir das teorias citadas na questão anterior, tente explicar como funcionava o eletróforo de Alessandro Volta.

APÊNDICE F – QUADRO DE HIPÓTESES

QUADRO DE HIPÓTESES!

Certo, agora vamos reavaliar e remontar nosso aparelho! Prontos? Vamos tentar usar o que vimos na última aula!!

Desafio: Agora, vamos além. Pegue toda aquela criatividade e junte com as informações que você pesquisou e assistiu na aula e tente, novamente, construir o eletróforo de Alessandro Volta. É essencial que você responda a todas as questões que se seguem.

Do que se trata?
Descreva o aparelho que você quer montar. O que você sabe sobre ele?

Como vou montar?
Quais as partes essenciais desse experimento? O que você irá utilizar para representar cada uma dessas funções?

Materiais:

- Marmita de alumínio
- Cola quente
- Folha de alumínio
- Copo descartável
- Palito de picolé
- Capa para caderno

Obs.: Não é obrigatória a utilização de todos os materiais, podendo, também, ser substituído por algum outro material que você tenha disponível e que ache necessário utilizar.

Como vai funcionar?
Agora que você já sabe o que e como montar, descreva como você espera que seja seu funcionamento, de acordo com a montagem.

Conclusões! E aí? Deu certo?
Sim! Parabéns, agora conte-nos como o que você esperava que acontecesse foi bem-sucedido.
Não! Parabéns, você está um passo de desenvolver um conhecimento novo para você. Comente o que não deu certo e porque você acha que não foi bem-sucedido.

Vamos discutir!!!
Outra tentativa e esperamos que agora foi exitosa. Mas agora queremos saber, o que você modificou em relação à primeira tentativa? Como você explica agora o fenômeno que você desenvolveu?

APÊNDICE G – AVALIAÇÃO ESCRITA

Escola Estadual de Ensino Fundamental e Médio Solon de Lucena

Disciplina: Física

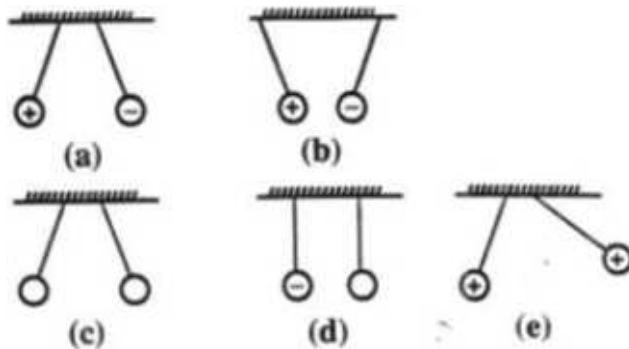
Professora: Ingrid K. Laura dos Santos Pinto

Série: 3º C

Aluno (a):

Avaliação

- Quantos elétrons e quantos prótons possui uma chapinha de níquel de 5 g de massa?
Dados: massa atômica do NI:59 g e número atômico do NI:28 e número de Avogadro = $6,03 \times 10^{23}$ átomos.
- Cada uma das figuras abaixo representa duas bolas metálicas de massas iguais, em repouso, suspensas por fios isolantes. As bolas podem estar carregadas eletricamente. O sinal da carga está indicado em cada uma delas. A ausência de sinal indica que a bola está descarregada. O ângulo do fio com a vertical depende do peso da bola e da força elétrica devido à bola vizinha. Indique em cada caso se a figura está certa ou errada.



- Sabe-se que, na prática, consegue-se eletrizar uma esfera metálica oca, de alguns centímetros de raio, apenas com alguns microcoulombs de cargas. Por exemplo: uma esfera de 2,0 cm de raio é capaz de adquirir no máximo cerca de $0,13 \mu\text{C}$. Qual será a intensidade da força elétrica repulsiva entre duas esferas de 2,0 cm de raio cada, eletrizadas com $0,10 \mu\text{C}$ cada uma, se seus centros estiverem a 50 cm de distância mútua? Despreze qualquer efeito de indução e considere $K=9 \times 10^9 \text{ N} \cdot \text{m}^2 / \text{C}^2$.
- Dois cargas puntiformes $q_1 = +2 \mu\text{C}$ e $q_2 = -6 \mu\text{C}$ estão fixas e separadas por uma distância de 600 mm no vácuo. Uma terceira carga $q_3 = 3 \mu\text{C}$ é colocada no ponto

médio do segmento que une as cargas. Qual é o módulo da força elétrica que atua sobre a carga Q3? $K=9 \times 10^9 \text{ N}\cdot\text{m}^2/\text{C}^2$.

5. Comente sobre todo o conteúdo visto até aqui:
- a) A história da eletricidade (como acontecia o processo de eletrização no século XVIII)
 - b) O eletróforo (comente sobre a teoria do século XVIII e a teoria atual)
 - c) Sua concepção sobre a construção do conhecimento científico mudou a partir da leitura do texto histórico? Explique.
 - d) Processos de eletrização (conceitos atuais)
 - e) Condutores e isolantes
 - f) Lei de Coulomb