

## ENTRE O PLANEJAMENTO E A EXECUÇÃO: DESAFIOS DE UMA ABORDAGEM HISTÓRICA PARA ENSINAR ELETROSTÁTICA

*Planning and executing: the challenges of a historical approach to teach electrostatics*

**Ingrid Kelly Laura dos Santos Pinto** [i.k.laurasantos@gmail.com]

**Ana Paula Bispo da Silva** [anabispouepb@gmail.com]

*Universidade Estadual da Paraíba – Grupo de História da ciência e Ensino (GHCEN)*

*Rua Baraúnas, 351, cep 58429-500 – Campina Grande/PB*

**José Antonio Ferreira Pinto** [antoniopinto@usp.com]

*SEED/PB e PPG Interunidades em Ensino de Ciências – USP*

*Rua do Matão, Travessa n 1371, cep: 05508-090 – São Paulo/SP*

*Recebido em: 21/09/2017*

*Aceito em: 15/05/2018*

### Resumo

Pesquisas na área de história da ciência e ensino de ciências têm focado na elaboração de propostas educacionais com abordagem histórica, alegando o desenvolvimento de competências argumentativas. No mesmo sentido, pesquisas educacionais têm enfatizado a importância da abordagem problematizadora para superar um processo de ensino e aprendizagem mecânicos. Entretanto, a prática do professor em sala de aula utilizando estas duas abordagens ainda se encontra sem aprofundamento na pesquisa educacional. Neste trabalho, apresentamos o planejamento de uma proposta baseada nas abordagens histórica e problematizadora e sua execução no 3º ano do Ensino Médio de uma escola pública. O episódio histórico escolhido – o eletróforo de Volta – incluiu conceitos de eletrostática e atividades experimentais. Apesar dos esforços para o planejamento da atividade usando referenciais teóricos adequados para a situação, a prática em sala de aula mostrou que a execução requer bem mais do que intenções teóricas. Como resultado da execução, concluímos que estudantes e professores em formação ainda não estão preparados para lidar com uma abordagem investigativa que reforça questionamentos. O processo de preparação para este tipo de atividade envolve uma mudança cultural no papel do estudante e do professor em sala de aula.

**Palavras-chave:** Abordagem problematizadora. Abordagem histórica. Eletrostática.

### Abstract

Research on history of science and science teaching has focused on the elaboration of educational purposes with historical approach to stimulate argumentative competencies. On the other hand, educational research emphasizes the inquiry-based learning approach to overcome a mechanical process of teaching and learning. However, teacher practice in classroom using these approaches are not well explored in educational research. In this work, we report the planning of a purpose based on historical and inquiry-based theoretical frameworks and its execution in a public school. The historical episode chosen – Volta's electrophorus- included electrostatics concepts and hands-on activities. Besides the efforts in planning the purpose using the theoretical frameworks, the practice in classroom showed that the execution requires more than intentions. As result of the execution, we conclude that students and teachers in training are not prepared to deal with inquiry and investigative classes. The process to prepare both to make progress in this kind of purpose implies a deep cultural change in the role of students and teacher in classroom.

**Keywords:** Inquiry-Based Learning. Historical Approach. Electrostatics.

## Introdução

A utilização da História da Ciência (HC) no ensino de Física foi incluída nas recomendações do governo desde 1998 (Martins, Silva & 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 apenas por cientistas famosos e seus feitos, sem nenhum contexto ou informação que seja relevante para o aluno.

Neste sentido, a abordagem histórica deveria conciliar os pressupostos da moderna historiografia da ciência com a pesquisa educacional atual, de forma a atender as recomendações dos documentos oficiais para um ensino que supere a aprendizagem mecânica e preceptorial (Brasil, 2006). 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 & Porto, 2008). Já da parte educacional, entendemos uma abordagem interativa, baseada na investigação e no desenvolvimento de conteúdos que abrangem conceitos, procedimentos e atitudes (Carvalho, 2013). A associação destes dois tipos de abordagem proporcionaria um ambiente educacional problematizador e contextualizado, enfatizando conhecimento históricos e a provisoriade do conhecimento científico.

Visando construir este ambiente problematizador, 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 da invenção do eletróforo, um instrumento histórico que permite discutir conceitos de eletrostática, e que é reproduzível em sala de aula como atividade experimental. Neste trabalho relatamos o planejamento e os resultados de uma intervenção em sala de aula utilizando esta abordagem histórica e problematizadora.

### 1. O planejamento

Para execução desta proposta utilizamos dois instrumentos históricos que envolvem eletrostática. Um deles é o versório, construído para demonstrar o efeito de atração entre alguns materiais. Há diferentes formas de versório (Assis, 2011, p. 35). O modelo utilizado nessa proposta assemelha-se, em fenômeno, ao de William Gilbert (1544-1603), com uma base isolante e uma haste suspensa pelo ponto de equilíbrio, a qual pode girar quando há atração<sup>1</sup>. O fenômeno observado com o versório é apenas o de atratividade entre diferentes materiais atritados. Permite determinar a afinidade, ou não, entre o material da haste e aquele que foi atritado, e estimar, proporcionalmente, a intensidade da atração.

O outro instrumento é o eletróforo. O eletróforo foi construído por Alessandro Volta (1745-1827), enquanto buscava compreender a natureza da eletricidade, em 1769. Ele é formado por duas partes: a parte inferior, chamada de “bolo”, coberta com uma resina; e a parte superior, feita de metal, que pode ser suspensa por um suporte no centro, feito de material isolante. O bolo é atritado e, ao encostar na parte superior, acaba gerando uma diferença de potencial. A parte de metal fica carregada e, ao ser tocada, pode emitir uma faísca ou choque. O eletróforo foi muito importante na época em que foi inventado pois permitia fornecer eletricidade por um tempo superior ao dos instrumentos existentes, e isso parecia ser infinito<sup>2</sup>.

<sup>1</sup> Para mais detalhes, sugerimos a leitura de Assis (2011)

<sup>2</sup> Para aprofundar a parte histórica sobre o eletróforo, sugerimos Pancaldi (2003).

Após o estudo histórico do episódio sobre o eletróforo de Volta<sup>3</sup>, 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.

Segundo Rosa e Rosa (2012), considerando o construtivismo como teoria de aprendizagem orientadora, uma atividade experimental pode ser dividida nas etapas: i) pré-experimental, onde é proporcionado “ao estudante discussões que lhe mostrem os conhecimentos envolvidos no estudo” (Rosa e Rosa, 2012, p. 5); ii) a experimental, em que acontece a montagem do experimento; e iii) a pós-experimental. Na etapa experimental, os alunos são responsáveis pelo design e planejamento do experimento, sem 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 porquê 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 compreendesse os conceitos abordados de maneira que fosse capaz de aplicá-los em qualquer situação que lhe seja exigido tal conhecimento; nos procedimentais, proporcionou-se um ambiente para que fosse possível realizar 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 o 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.

Esses referenciais que estruturam a proposta foram implementados a partir da utilização dos Quadros Teóricos-didáticos, propostos por Pinto e Silva (2017), que são compostos por três quadros distintos que podem ser utilizados dentro do plano de ensino, de acordo com o objetivo da atividade a ser desenvolvida. Dividem-se em três: o quadro de ideias em que é apresentado um cenário didático que contextualiza o tema e a situação problema a ser discutida, utilizado sempre que se almeja coletar informações acerca dos conhecimentos prévios dos alunos sobre algum fenômeno novo a ser trabalhado; o quadro de hipóteses em que o contexto passa a ser desafiador, e o aluno, que já obteve contato com alguma discussão acerca do fenômeno, é incentivado a prover explicações para o fenômeno; e o quadro síntese, em que após as etapas de argumentação e investigação, os alunos são levados à analisar e avaliar os quadros produzidos durante as etapas anteriores do plano de ensino, evidenciando as possíveis mudanças na maneira de compreender os fenômenos estudados, fundamentando e relacionando suas conclusões com o que eles tiveram contato durante as aulas.

---

<sup>3</sup> O estudo de caso histórico foi realizado durante a iniciação científica da autora Ingrid. Como não faz parte deste trabalho os detalhes históricos, apresentaremos apenas o texto utilizado com os alunos (apêndice C).

Seguindo, portanto, as ideias citadas anteriormente, elaboramos um plano de ensino, de cinco encontros com duração de 90 minutos, conforme detalhamento a seguir. Importante ressaltar que estamos descrevendo um planejamento, ou seja, uma previsão de como deveríamos conduzir a proposta num futuro. No entanto, como será descrito no próximo item, grande parte do planejamento não foi realizada. Ou seja, a condução da proposta foi distinta do planejamento.

O primeiro encontro está previsto para iniciar com a apresentação do tema e da 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 segundo 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 porquê.

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<sup>4</sup> 1A e 1B. Por fim, iremos debater com os alunos sobre a construção do conhecimento científico, destacando sua provisoriedade e a influência do contexto sociocultural.

Até o momento, o plano de ensino inclui 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. Segue-se 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 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 porquê dessa 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

<sup>4</sup> Disponíveis em <https://www.youtube.com/watch?v=AurTzpzAr4c> (vídeo 1A) e <https://www.youtube.com/watch?v=Gtp51eZkw0I> (vídeo 1B).

vídeo<sup>5</sup> sobre o funcionamento do eletroforador 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 mediados 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.

<b>Encontros/tempo</b>	<b>Momento 1</b>	<b>Momento 2</b>	<b>Momento 3</b>	<b>Objetivo</b>	<b>Recursos didático-pedagógicos</b>
<b>1º / 90 min</b>	Problematizar sobre: o que <i>vocês</i> conhecem sobre eletricidade?	Apresentar o experimento histórico: o eletroforador de Volta. Explicação dos alunos a partir dos conhecimentos prévios.	Primeira montagem do eletroforador.	Conhecer os conhecimentos prévios dos alunos.	Quadro, pincel ou giz, eletroforador.
<b>2º / 90 min</b>	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.
<b>3º / 90 min</b>	Retornar ao experimento do 1º encontro. Como os alunos o explicam após a	Segunda montagem do eletroforador pelos alunos.	Os alunos devem verificar os resultados da atividade investigativa e responder o	Propor uma atividade investigativa, a fim de despertar nos alunos sua capacidade de	Eletroforador pronto como modelo, marmitta de alumínio, copo plástico descartável, cola quente,

<sup>5</sup> Disponível em <https://youtu.be/e1cIUQtoMiw>.

	abordagem sobre a natureza da eletricidade.		quadro de hipóteses.	resolver problemas.	lâmpada fluorescente comum, plástico usado em radiografias para base.
<b>4° / 90 min</b>	Apresentar o conteúdo proposto pelo livro didático, retomando a situação problema inicial.	Contextualizar o conteúdo com o cotidiano dos alunos.	Responder aos questionamentos dos alunos.	Trabalhar o conteúdo proposto, ou seja, como são os processos elétricos atualmente.	Quadro, pincel, livro didático.
<b>5° / 90 min</b>	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.

### **Na sala de aula – execução da proposta e discussão dos resultados**

O plano de ensino proposto foi aplicado na Escola Estadual Solon de Lucena, situada em Campina Grande-PB. As aulas foram desenvolvidas pela pesquisadora<sup>6</sup> (Ingrid), numa turma de terceiro ano do Ensino Médio, com 25 alunos matriculados, dos quais cerca de 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. A pesquisadora é discente de Licenciatura em Física, cursando o sétimo semestre à época, e, apesar de estar envolvida com projeto de iniciação à docência (PIBID), nunca havia assumido regência de turma. Nesta instituição o horário das aulas é reduzido, portanto, os encontros foram de 80 minutos, e não de 90 minutos conforme previsto no plano de ensino. As aulas foram gravadas (áudio) usando um telefone móvel e descritas no caderno de campo da pesquisadora, para acompanhar os detalhes.

#### ***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

<sup>6</sup> Este trabalho envolve outras partes que não serão incluídas neste texto. Apesar de usarmos a palavras “pesquisadora” a ação da autora Ingrid na execução do plano de ensino foi como “professora”.

respostas, a turma permaneceu em silêncio. Depois, mostramos o funcionamento do eletróforo (figura 1 a) e também do versório (figura 1 b). 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 A).



(a)



(b)

**Figura 1:** instrumentos usados em sala de aula. (a) Eletróforo. (b) Versório. 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 ao 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 A). A maioria 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 a maioria 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 isso 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 está relacionada 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 (figura 2) para realização desta atividade e um quadro de ideias a ser respondido (Apêndice B). 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 com perguntas do tipo: 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.

A maioria dos grupos acertou 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 marmitta. Para o escudo algumas equipes usaram a folha de alumínio, outras usaram a capa de encadernação e outra utilizou o fundo da marmitta. Já para a haste todos os grupos utilizaram copo descartável e palito de picolé, e dois grupos ainda usaram para esta parte do instrumento folha de E.V.A.



**Figura 2:** Materiais disponibilizados para a montagem do eletróforo: vasilhas de alumínio (marmitta), copos plásticos, capas de encadernação (plástico), cola quente, tesoura, palitos de madeira. Fonte: próprio autor

Entretanto, o tempo da aula não foi suficiente, provavelmente devido às questões que foram trabalhadas de 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 pois não proporcionou choque; outras equipes discutiram as ideias, mas não concretizaram na prática o que estavam pensando. Eles não sabiam se tentavam novamente ou não, pois o tempo havia se esgotado.

### ***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 C) 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 B) 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”, um dos grupos respondeu “*acho que os materiais estão errados*”. Outro grupo respondeu “*achamos que a escolha dos materiais está correta, mas não estão posicionados corretamente*”. Notamos então que não havia contextualização nas respostas, e eles nem procuravam refletir em uma possível solução o que nos leva a considerar 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 seguinte, também de 80 minutos, terminamos a discussão do texto e aplicamos um exercício escrito (Apêndice D) referente ao mesmo. Cerca de três alunos responderam esta atividade com êxito, o restante parecia não estar compreendendo o que 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 da turma (cerca de 10 alunos) respondeu: “*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 certos tipos de árvores e que era usada na confecção de objetos. O âmbar quando atritado adquiria a propriedade de atrair objetos*”, ou seja, a maioria repetiu a história sobre o âmbar que é relatada no texto (Apêndice C) que foi entregue a eles. A outra parte da turma deixou a questão em branco.

### **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 maioria 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<sup>7</sup>. Para tanto, a pesquisadora deu-lhes algumas dicas que os auxiliassem na solução do problema encontrado no equipamento montado<sup>8</sup>. Com esta ajuda os grupos conseguiram obter os resultados desejados, e novamente, todos os grupos responderam um quadro de hipóteses (Apêndice E), semelhante ao que foi realizado na primeira montagem do eletróforo. Novamente as respostas foram sempre diretas e sem contextualização. A seguir as figuras 3, 4, 5, 6 e 6 mostram os eletróforos dos alunos.



**Figura 3:** Eletróforos, 1e 2, do grupo 1. Fonte: próprio autor



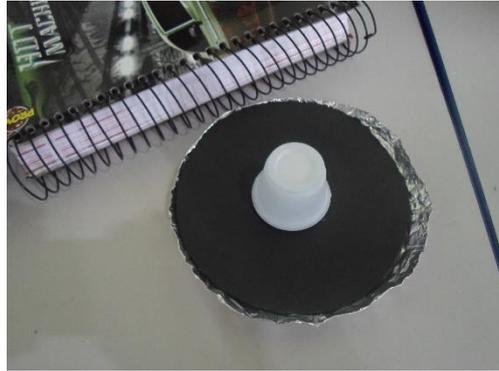
**Figura 4:** Eletróforos, 1e 2, do grupo 2. Fonte: próprio autor

<sup>7</sup> Há várias variáveis para o adequado funcionamento do eletróforo, como: gordura sobre a parte da resina, ambiente muito úmido, material utilizado para atrito (preferencialmente lã), etc. Estas variáveis poderiam ser exploradas na discussão dos resultados, mas não foram.

<sup>8</sup> 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 sugeriu que eles fixassem a folha de alumínio na marmitta.



**Figura 5:** Eletroforos, 1e 2, do grupo 3. Fonte: próprio autor



**Figura 6:** Eletróforo 1 do grupo 4. Fonte: próprio autor



**Figura 7:** Eletróforo 2 do grupo 4. Fonte: próprio autor

#### ***Quarto encontro do plano de ensino – 6º dia de aula***

No penúltimo encontro, 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 dialogada 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.

#### ***Quinto encontro do plano de ensino – 7º dia de aula***

No último encontro, 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 F. 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 questões envolvendo cálculos e, em questões onde eles precisavam discutir ideias, não as apresentavam com clareza.

Por exemplo, as respostas para a seguinte pergunta “Sua concepção sobre a construção do conhecimento científico mudou a partir da leitura do texto histórico?” foi simplesmente “sim”. Apenas uma aluna concluiu afirmando “*Sim, pois pude ver como a ciência muda com o tempo*”.

Para a pergunta da letra b da questão 5 (comentar o funcionamento do eletróforo no século XVIII e como se explica o mesmo atualmente), 7 deixaram em branco, 9 responderam “*atrita a parte de baixo, coloca o escudo junto da base, toca com o dedo em cima do escudo e depois separa e toca o escudo de novo*”. Por esta resposta, notamos que foi dada atenção ao procedimento, mas não há clareza quanto ao significado do experimento e do fenômeno envolvido.

Dois alunos afirmaram “*quando atritamos a parte de baixo retiramos cargas dela, ao colocar o escudo em cima da base, as cargas que estão nela atraem as cargas contrárias que estão no escudo, ao tocar o dedo retiramos as cargas negativas e assim quando separamos a base e o escudo e tocamos o escudo de novo, há uma descarga.*” Estes por sua vez explicaram apenas o a teoria atual do eletróforo.

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 distribuição das atividades e procedimentos para a nova realidade.

## 2. Sobre a proposta teórica e a prática

A sala de aula é um universo de possibilidades em que muitas são as variáveis que podem influenciar na execução das atividades planejadas pelo docente. Entre elas, podemos citar as diferenças no ritmo que cada aluno necessita para aprender, o tempo escolar que não corresponde exatamente ao tempo do planejamento, sendo necessário levar em conta as questões associadas à disciplina, à organização da sala de aula, aos aspectos técnicos e a postura do próprio docente, que podem prejudicar o desenvolvimento do que foi planejado. Assim, com essa proposta identificamos que há uma grande dificuldade associada ao ato de planejar que, mesmo levando todas essas questões em consideração e suas possíveis soluções, não há qualquer garantia que esse planejamento seja integralmente executado.

Analisando os problemas que surgiram durante esta intervenção, apontamos a 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; e a falta de interação com a classe para estabelecer melhor os objetivos das atividades. Para a proposta que foi apresentada, sua execução estava associada ao desenvolvimento de um ambiente investigativo, em que os alunos realizam trabalhos de pesquisa. Nesse sentido, como propõe Carvalho e Gil-Perez (2001) é absolutamente essencial que o professor ou professora seja capaz de apresentar adequadamente as atividades que serão realizadas, pois isso possibilita que os alunos adquiram uma visão global e o interesse pela tarefa.

Ao lidar com equipes de pesquisa, como o caso da presente proposta, o papel do professor passa a ser o de orientador/diretor, facilitando a comunicação entre os grupos, tomando decisões fundamentadas na complexidade da sala de aula, valorizando as contribuições dos alunos, tendo a capacidade de operar de maneira assertiva no encaminhamento das atividades fornecendo contribuições que ajudem os alunos a prosseguirem suas tarefas, abrindo-lhes novas perspectivas (Carvalho & Gil-Perez, 2001).

Assim, 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-problema apresentadas, pois ele não consegue visualizar uma solução sem ajuda. Outra pesquisa desenvolvida por um dos autores (Pinto, Silva & Ferreira, 2017), utilizando um episódio que

envolve o experimento de Oersted, com o mesmo tipo de abordagem, também em uma turma de terceiro ano de outra escola, mostrou que quando esse tipo de atividade é realizado por um professor mais experiente, e regente da turma em que se aplica, dificuldades desse tipo são minimizadas. Por isso, enfatizamos aqui a importância de que essas propostas sejam incorporadas paulatinamente, no maior período de tempo possível e com certa constância, para que a turma a que se destina tenha tempo de compreender o que se espera deles e, então, participar de maneira mais efetiva. Faz-se necessário que o professor regente da turma seja um parceiro nessa implementação.

Contudo, mesmo que os resultados não tenham sido os esperados, a proposta foi válida por apontar o que precisa ser readequado para ações futuras e proporcionou uma primeira experiência da pesquisadora como regente da sala de aula, que nesse sentido possibilitou uma reflexão e discussão acerca das questões que podem ser melhor trabalhadas do ponto de vista de sua formação. Com efeito, a compreensão da necessidade de um planejamento dinâmico e contínuo, aliado a uma constante busca de aporte teórico na pesquisa aplicada, surgiram como conscientização por parte da pesquisadora, o que em si é um resultado importante, pois estimula uma das orientações básicas para a formação de professores que é a preparação para a pesquisa.

Se assumimos uma postura construtivista, cuja prerrogativa é que os estudantes possam construir seu conhecimento, fazendo vezes de um “pesquisador principiante”, então o professor deve estar apto a envolver-se nessas tarefas se aproximando de um “pesquisador especialista” (Carvalho & Gil-Perez, 2001), sobrepondo-se ao que Tyler (1979 como citado em Carvalho & Gil-Perez, 2001) denomina de barreira existente entre os pensadores (pesquisadores) e os realizadores (professores).

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 tão cedo quanto possível, preferencialmente junto com a apresentação do professor regente da turma.

Também será necessário um diálogo anterior com os professores responsáveis pelas disciplinas de química e ciências 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.

### **3. Considerações finais**

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.

## Agradecimentos

Os autores agradecem ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPQ) pelo apoio prestado na produção do presente trabalho.

## Referências

- Assis, A. K. T. (2011). *Os fundamentos experimentais e históricos da eletricidade*. São Paulo: Editora Livraria da Física.
- Baldinato, J. O., & Porto, P. A. (2008). *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.
- Brasil. (2006). Secretaria de Educação Básica. Ministério da Educação. Orientações curriculares para o Ensino Médio – ciências da natureza. Brasília.
- Carvalho, A. M. P., & Gil-Perez, D. (2001). *Formação de Professores de Ciências* (6a ed.). São Paulo: Cortez.
- Carvalho, A. M. P. (2013). O ensino de ciências e a proposição de sequências de ensino investigativas. In: Carvalho, A. M. P. (org.) *Ensino de ciências por investigação: condições para implementação em salas de aula*. São Paulo: Cengage Learning.
- Martins, R. A.; Silva, C. C.; Prestes, M. E. B. (2014). 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.
- Moreira, M.A. (2011). Unidades de enseñanza potencialmente significativas - UEPS Aprendizagem Significativa em Revista/Meaningful Learning Review. 1(2), pp. 43-63. Versão em português em <http://www.if.ufrgs.br/~moreira/UEPSport.pdf>.
- Rosa, C. T. W., Rosa, A. B. (2012). *Aulas experimentais na perspectiva construtivista: proposta de organização do roteiro para aulas de física*. Física na Escola, v. 13, nº 1, p. 4-7.
- Pancaldi, G. (2003). *Volta. Science and culture in the age of enlightenment*. Princeton: Princeton University Press.
- Pinto, J. A. F., Silva, A. P. B. (2017). Quadros Teóricos-Didáticos na Perspectiva de Design Research: uma nova abordagem para o uso da história da ciência e experimentação. In. XXII Simpósio Nacional de Ensino de Física. **Anais eletrônicos...** São Carlos: USP. Disponível em: <http://www1.sbfisica.org.br/eventos/snef/xxii/sys/resumos/T1007-1.pdf>. Acesso em: 26 out. 2017.
- Pinto, J. A. F., Silva, A. P. B., Ferreira, E. J. B. (2017). *Laboratório desafiador e história da ciência: um relato de experiência com o experimento de Oersted*. Caderno Brasileiro de Ensino de Física, v. 34, nº 1, p. 176-196.
- Zabala, A. (1998). *A prática Educativa: Como ensinar*. Porto Alegre: Artmed.

**APÊNDICE A – EXERCÍCIO DE SONDAGEM**

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

**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.

**Como vai 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 bala
- 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.

**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.

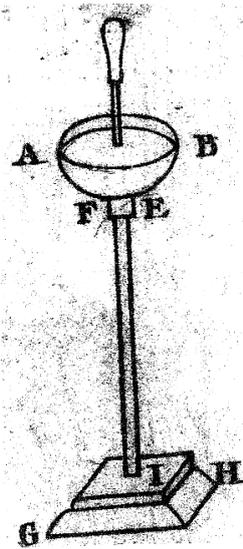
## APÊNDICE C – TEXTO HISTÓRICO

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

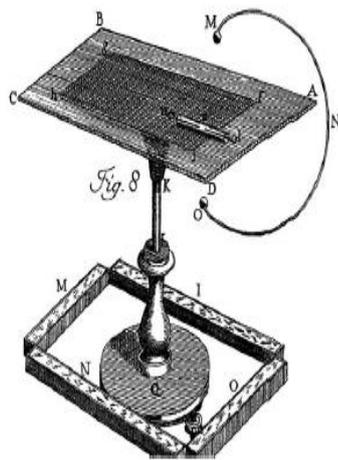
Não se sabe ao certo desde quando se conhece o fenômeno da eletricidade, mas sabe-se que antes de Platão (428-348 a.C.) já se conhecia o âmbar, resina fóssil produzida por certos tipos de árvores e que era usada na confecção de objetos. O âmbar quando atritado adquiria a propriedade de atrair objetos, 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 a 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 por 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 o 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 Benjamin 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.

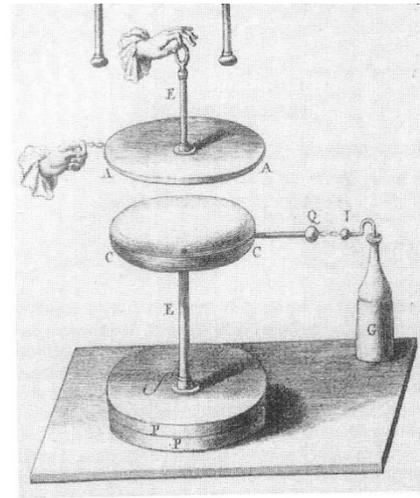
Diante deste cenário, foi que Alessandro Volta (1745-1827) desenvolveu um equipamento chamado de eletróforo. Volta nasceu na cidade de Como, na Itália, em 18 de fevereiro de 1745. Era de família jesuíta, mas aos 18 anos decidiu seguir carreira na ciência. Ele constrói o eletróforo em 1775, o qual consistia 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 – eram 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.

### Referências:

- Assis, A. K. T. (2011). *Os fundamentos experimentais e históricos da eletricidade*. São Paulo: Editora Livraria da Física.
- Boss, S. L. B. Caluzzi, J. J. (2007). *Os conceitos da eletricidade vítrea e resinosa segundo Du Fay*. Revista Brasileira do Ensino de Física, v. 29, n. 4, p. 635-644.
- 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.
- Pancaldi, G. (2003). *Volta. Science and culture in the age of enlightenment*. Princeton: Princeton University Press.
- Pimentel, A. C.; Silva, C. C. (2008). 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).
- Volta, A. 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.

**APÊNDICE D – EXERCÍCIO REFERENTE AO TEXTO**

Escola Estadual de Ensino Fundamental e XXXXXXXXXXXXX

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. Qual você adotaria para seus estudos científicos? Justifique.
3. A partir das teorias citadas na questão anterior, tente explicar como funcionava o eletróforo de Alessandro Volta.

## APÊNDICE E – 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?

**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?

**Materiais:**

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

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.

**APÊNDICE F – AVALIAÇÃO ESCRITA**

Escola Estadual de Ensino Fundamental e Médio XXXXXXXXXXXX

Disciplina: Física

Professora: autora X1

Série: 3º C

Aluno (a):

Avaliação

1. 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.
2. 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.
3. 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  $K=9 \times 10^9 \text{ N} \cdot \text{m}^2 / \text{C}^2$ .
4. Duas 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  $Q_3$ ?
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