



**UNIVERSIDADE ESTADUAL DA PARAÍBA  
PRO-REITORIA DE PÓS-GRADUAÇÃO E PESQUISA  
CENTRO DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA  
MESTRADO NACIONAL PROFISSIONAL EM ENSINO DE FÍSICA**

**WANDERSON JOSÉ RODRIGUES DO NASCIMENTO**

**UMA PROPOSTA DE ENSINO NUMA PERSPECTIVA HISTÓRICO-  
EXPERIMENTAL: A PILHA DE VOLTA**

**CAMPINA GRANDE - PB  
2019**

**WANDERSON JOSÉ RODRIGUES DO NASCIMENTO**

**UMA PROPOSTA DE ENSINO NUMA PERSPECTIVA HISTÓRICO-  
EXPERIMENTAL: A PILHA DE VOLTA**

Dissertação apresentada ao Programa de Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física (MNPEF) da Universidade Estadual da Paraíba, como exigência para obtenção do título de Mestre em Ensino de Física.

**Área de concentração:** Física e Sociedade.

**Orientador:** Prof. Dr. Alessandro Frederico da Silveira.

**CAMPINA GRANDE  
2019**

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.

N244p Nascimento, Wanderson José Rodrigues do.  
Uma proposta de ensino numa perspectiva histórico-experimental [manuscrito] : a Pilha de Volta / Wanderson Jose Rodrigues do Nascimento. - 2019.  
91 p. : il. colorido.  
Digitado.  
Dissertação (Mestrado em Profissional em Ensino de Física) - Universidade Estadual da Paraíba, Centro de Ciências e Tecnologia , 2019.  
"Orientação : Prof. Dr. Alessandro Frederico da Silveira , Departamento de Física - CCT."  
1. História da Ciência. 2. Pilha de Volta. 3. Ensino de Ciências. 4. Experimentação. I. Título  
21. ed. CDD 530.7

WANDERSON JOSÉ RODRIGUES DO NASCIMENTO

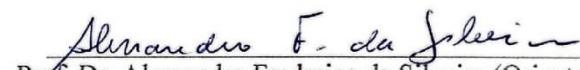
UMA PROPOSTA DE ENSINO NUMA PERSPECTIVA HISTÓRICO-EXPERIMENTAL:  
A PILHA DE VOLTA

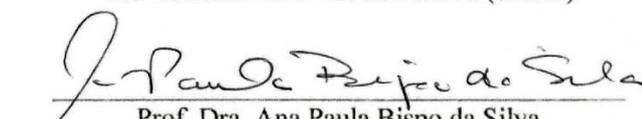
Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física (MNPEF) da Universidade Estadual da Paraíba, como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Ensino de Física.

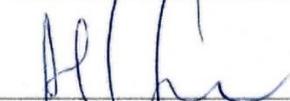
**Área de concentração:** Física e Sociedade.

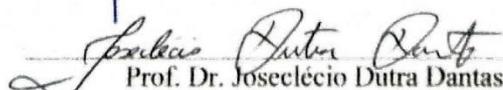
Aprovada em: 31/10/2019.

**BANCA EXAMINADORA**

  
Prof. Dr. Alessandro Frederico da Silveira (Orientador)  
Universidade Estadual da Paraíba (UEPB)

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

  
Prof. Dr. Dr. Marcelo Gomes Germano  
Universidade Estadual da Paraíba (UEPB)

  
Prof. Dr. Joseclécio Dutra Dantas  
Universidade Federal de Campina Grande (UFCG)

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço primeiramente a Deus pelo fôlego de vida, dando condições de lutar pelos objetivos traçados e sem ausentar-se de mim um só instante.

Ao professor Alessandro Frederico da Silveira em suas contribuições e orientações na construção dessa pesquisa, na minha graduação e em projetos de iniciação a docência. Sempre com muita paciência, dedicação, compreensão e sabedoria.

A professora Ana Paula Bispo da Silva por suas contribuições acadêmicas e idealizadora dessa pesquisa que se apresenta.

Aos professores do Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física, do polo Campina Grande-PB, que contribuíram consideravelmente em minha formação.

A minha esposa Silvia Danielle. Seu apoio e compreensão nos momentos de minha ausência familiar, com o objetivo de conclusão dessa etapa acadêmica.

Meus pais Alberto e Helena que esteve junto em todos os momentos da minha vida, aconselhando, incentivando e ajudando sempre que possível.

Aos meus amigos que incentivaram a conquista de tal objetivo, em especial, José Fernando, Dário e Gerson.

E a todos que de alguma forma contribuíram para o avanço dessa pesquisa.

## RESUMO

Pesquisas na área de ensino tem destacado a necessidade de contextualizar o ensino de física, em oposição à apresentação de conteúdos de forma acumulativa e as equações matemáticas muitas vezes expostas de forma desvinculadas do contexto. Diante desse panorama, essa pesquisa tem como objetivo principal desenvolver uma sequência didática cuja proposta está vinculada à atividade experimental com viés problematizador, aliado a História da Ciência. O episódio histórico escolhido tem como alicerce os estudos de Luigi Galvani (1737-1798) acerca das contrações musculares em rãs quando submetidas ao fenômeno supostamente definido de eletricidade animal. Após Volta (1745- 1827) realizar vários testes, com algumas modificações, ele percebe que a eletricidade estava ligada aos metais e não aos músculos das rãs, concentrando suas ideias nos metais utilizados. Com intenção de defender suas hipóteses ele desenvolve alguns instrumentos que, não levaram a aceitação geral de suas proposituras. Com isso ele elabora um empilhamento de discos, intitulado de pilha, que obteve efeitos mais consideráveis que os instrumentos anteriores, sendo premissa para desenvolvimento das pilhas atuais. Em seguida descrevemos as experiências vivenciadas em uma turma de terceiro ano do Ensino Médio de uma escola da cidade de Itatuba-PB, bem como, os resultados obtidos. Por fim, expomos nossas considerações finais acerca do trabalho desenvolvido.

**Palavras-Chave:** Laboratório Problematizador. História da Ciência. Pilha de Volta.

## **ABSTRACT**

Research in teaching has highlighted the need to contextualize the teaching of physics, as opposed to the cumulative presentation of content and the often exposed mathematical equations detached from context. Given this scenario, this research aims to develop a didactic sequence whose proposal is linked to experimental activity with problematizing bias, allied to the History of Science. The chosen historical episode is based on the studies of Luigi Galvani (1737-1798) about frog muscle contractions when subjected to the supposedly defined phenomenon of animal electricity. After Volta (1745-1827) performed several tests, with some modifications, he realized that electricity was linked to the metals rather than the frog muscles, concentrating his ideas on the metals used. In order to defend his hypotheses he develops some instruments that did not lead to the general acceptance of his propositions. With this he elaborates a stacking of discs, called the stack, which had more considerable effects than the previous instruments, being a premise for the development of current batteries. Then we describe the experiences of a third year high school class of a school in the city of Itatuba-PB, as well as the results obtained. Finally, we present our final considerations about the work developed.

**Keywords:** Laboratory Problematizador. History of Science. Stack of Turn.

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 -	Eletróforo desenvolvido por Volta em 1775 .....	24
Figura 2 -	Eletrômetro aperfeiçoado por Volta para detecção de pequenas tensões elétricas.....	24
Figura 3 -	Eletrômetro condensador sendo utilizado.....	25
Figura 4 -	Reproduções da pilha de Volta com as distribuições dos pares de metais em formato de disco intercalados com discos de papel molhado com água salgada.....	26
Figura 5 -	Volta fez várias montagens com empilhamentos cada vez maiores. Numa de suas montagens foram utilizados pratos com solução aquosa ligados em série contendo matérias diferentes.....	27
Figura 6 -	Bastão de vidro sendo esfregado com um pedaço de seda.....	31
Figura 7 -	Dois bastões de vidro carregados positivamente se repelem.....	31
Figura 8 -	Protótipo da balança de torção de Cavendish.....	32
Figura 9 -	Ilustração de um circuito fechado com fio de cobre em equilíbrio eletrostático. O fio inteiro está ao mesmo potencial e o campo elétrico é zero em todos os pontos do fio.....	34
Figura 10 -	Campo elétrico uniforme entre duas placas carregadas.....	36
Figura 11 -	Corrente elétrica estabelecida em um circuito submetido a uma diferença de potencial.....	38
Figura 12 -	A corrente é a mesma em qualquer seção.....	38
Figura 13 -	A relação da equação 17 é verdadeira para a junção a qualquer que seja a orientação dos três fios no espaço. A corrente não é uma grandeza vetorial, e sim escalar.....	39
Figura 14 -	Representação dos aparatos experimentais pilha-lâmpada-fio dos estudantes.....	52
Figura 15 -	Exposição dos estudantes para o grande grupo.....	52
Figura 16 -	Exposição da pilha proposta pela equipe 2.....	53
Figura 17 -	Exposição da pilha proposta pela equipe 3.....	53
Figura 18 -	Exposição da pilha proposta pela equipe 5.....	54
Figura 19 -	Kit experimental.....	55
Figura 20 -	Alunos catalogando os materiais do kit experimental.....	56
Figura 21 -	Estudantes umedecendo os círculos de tecido.....	57
Figura 22 -	Estudantes montando o aparato experimental.....	58
Figura 23 -	Representação dos desenhos e observações.....	58
Figura 24 -	Estudantes realizando a leitura dos textos.....	61

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO .....</b>	<b>08</b>
<b>2</b>	<b>FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.....</b>	<b>11</b>
2.1	A ABORDAGEM EXPERIMENTAL NO ENSINO DE CIÊNCIAS E O LABORATÓRIO PROBLEMATIZADOR: ALGUNS APONTAMENTOS.....	11
2.1.1	<b>O laboratório problematizador.....</b>	<b>12</b>
2.1.2	<b>Dificuldades e possibilidades ao se trabalhar com o laboratório problematizador: o que dizem as pesquisas.....</b>	<b>16</b>
2.2	HISTÓRIA DA CIÊNCIA: POR QUE TRABALHÁ-LA NA SALA DE AULA?.....	18
2.2.1	<b>O episódio histórico escolhido.....</b>	<b>21</b>
2.2.2	<b>O fluido elétrico e o fascínio de um pesquisador pela eletricidade.....</b>	<b>22</b>
2.2.3	<b>Em busca de novas evidências: o empilhamento.....</b>	<b>26</b>
2.2.4	<b>A repercussão do invento de volta e os impactos para os trabalhos da eletricidade.....</b>	<b>29</b>
2.3	ALGUMAS CONSIDERAÇÕES ACERCA DE CARGA E CORRENTE ELÉTRICA.....	30
2.4	EXPLICANDO O FENÔMENO EM TERMOS ATUAIS.....	39
<b>3</b>	<b>DESCRIÇÃO METODOLÓGICA.....</b>	<b>42</b>
3.1	SOBRE A PESQUISA.....	42
3.2	SOBRE O PRODUTO EDUCACIONAL.....	42
3.2.1	<b>Sequência didática: algumas considerações.....</b>	<b>43</b>
3.2.2	<b>Sequência didática elaborada.....</b>	<b>47</b>
<b>4</b>	<b>DESCRIÇÃO DAS INTERVENÇÕES.....</b>	<b>50</b>
<b>5</b>	<b>CONSIDERAÇÕES FINAIS.....</b>	<b>63</b>
	<b>REFERÊNCIAS .....</b>	<b>65</b>
	<b>APÊNDICE A – PRODUTO EDUCACIONAL.....</b>	<b>70</b>

## 1.INTRODUÇÃO

Há bastante tempo várias pesquisas em educação científica têm amplamente defendido a compreensão da ciência como uma atividade humana (FORATO, 2009), e que não esteja respaldada no dogmatismo comumente espelhado no ensino de ciência em todos os níveis da educação. No Brasil, os Parâmetros Curriculares Nacionais (PCN) compreendem o conhecimento científico como uma construção humana, inserido em um processo histórico e social (BRASIL, 2000), e se assim utilizado poderá desenvolver nos estudantes um senso crítico e criativo, propiciando componentes importantes concernentes ao processo de ensino e aprendizagem.

Nessa perspectiva, os episódios históricos apresentam-se como uma ferramenta em que se pode revelar esse processo de construção da ciência. Um número considerável de pesquisadores reconhece a necessidade da inserção da história da ciência no ensino (FORATO, 2009; GIL-PÉREZ., ET AL, 2001; MARTINS, 2006; MOURA, 2012, entre outros).

Para Vital e Guerra (2017)

A inserção da história da ciência (HC) no ensino das ciências tem despertado o interesse da comunidade acadêmica, como demonstram os trabalhos publicados em revistas e periódicos especializados e apresentados em encontros e congressos da área (VITAL & GUERRA, 2017, p. 3).

A introdução da história da ciência no ensino médio pode proporcionar para os estudantes uma imagem dos cientistas que participaram do processo de construção do conhecimento científico, quais concepções vigoraram por mais tempo e hoje não são aceitas e observar que a construção do conhecimento é um processo coletivo.

No entanto, as iniciativas de abordagens nessas perspectivas, quando implementadas em sala de aula, ainda apresentam algumas dificuldades, a exemplo do uso de livros didáticos para abordar episódios da história da ciência, que trazem na maioria das vezes a ciência como um resultado, pronto e acabado.

Alves Filho (2000) nos mostra a condição na qual os livros didáticos historicamente têm se firmado:

[...] os textos didáticos, nota-se uma tendência que incentiva ao professor centrar o ensino da Física na memorização e verbalismo e, por extensão, um ensino afastado do laboratório e das observações empíricas inerentes à própria construção da Física (ALVES FILHO, 2000, p. 22).

Partindo dessa premissa, acreditamos que a ciência através dos experimentos históricos corrobora para a compreensão da prática empírica dos pesquisadores, ajudando-nos a refazer as dimensões subjacentes de práticas do passado, conforme se compreende o contexto histórico (SILVA & GUERRA, 2015).

Os experimentos históricos, quando reconstruídos de forma cuidadosa, apresentam referências de natureza da ciência de cada conjuntura social, política e cultural e podem conferir significado às noções epistemológicas abstratas desvendando os diferentes processos que levaram à construção de conceitos (FORATO, PIETROCOLA, MARTINS, 2011).

Em consonância com este tipo de abordagem, se faz necessário um preparo dos professores, para que consigam apresentar um material que provoque no estudante uma atitude investigativa, criativa e reflexiva.

Para a inserção da história da ciência na escola, ainda são obstáculos: o número pouco expressivo de professores formados com aptidões para desenvolver corretamente estudo acerca da história da ciência e muitas vezes estes docentes ainda dispõem de limitações didáticas, resultando numa formação simplista do educador; a falta de materiais que possa subsidiar os educadores e alunos na execução do processo de ensino e aprendizagem, e, quando existem materiais, muitos deles são constituídos de “pseudo-história que induz tanto nos professores, quanto nos alunos, falsas impressões sobre a natureza da ciência e estereótipos sobre o que é fazer ciência e sobre os cientistas” (SOUZA, 2014, p. 19); os próprios deslizes cometidos acerca da natureza da ciência, no ensino de Ciências, na qual a mesma é reduzida à grandes personagens, à episódios marcantes, com datas muito bem definidas, que podem ser estudados isoladamente dos contextos sociais, econômicos, políticos, étnicos, entre outros.

Em meio a essa problemática, pautada numa perspectiva do laboratório problematizador e tendo como estudo o episódio histórico referente à pilha desenvolvida por Alessandro Volta, o presente trabalho traz a questão de pesquisa: em que medida a atividade experimental articulada a episódios históricos pode contribuir com o ensino de Ciências, ou particularmente, com o ensino de Física? Na direção de contribuir com essa resposta nos propomos a desenvolver uma sequência didática que traz em sua proposta a atividade experimental, aliada à História da Ciência.

Em nossa proposta abordamos questões históricas, atividades empíricas e conceituais concernentes ao objeto de estudo, com o intuito de possibilitar aos estudantes de Ensino Médio uma compreensão das controvérsias acerca da eletricidade, mais especificamente o

episódio histórico da Pilha Voltaica. Aplicamos a nossa proposta numa turma de 3º ano de ensino médio de uma escola pública do município de Itatuba-PB, através das atividades definidas no corpo desta pesquisa.

O trabalho está compreendido em quatro capítulos. No primeiro capítulo de fundamentação teórica, discutimos inicialmente acerca da abordagem experimental no ensino de Ciências, em especial o Laboratório Problematizador (LP), enfatizando as facetas dessa abordagem, a qual é base para utilização ao longo das nossas intervenções. Em seguida, apresentamos as dificuldades e possibilidades apontadas pelos pesquisadores da área para o desenvolvimento dessa vertente.

Logo após, mencionamos a relevância da História da Ciência (HC) no Ensino de Ciências, os subsídios que essa vertente desenvolve nos estudantes referentes à construção do conhecimento científico e às dificuldades enfrentadas ao implementar na sala de aula a abordagem de cunho histórico. Ainda trazemos uma abordagem histórica do experimento histórico da pilha de Volta, elencando o contexto histórico em que tal invenção estava mergulhada, quais os procedimentos adotados para construção da mesma e as consequências experimentadas na vida de Alessandro Volta, tal como no campo da eletricidade e, por fim, elucidamos o conteúdo pertinente a carga elétrica e corrente elétrica, conceitos essenciais para a compreensão do funcionamento de uma pilha, segundo os preceitos científicos atuais.

No segundo capítulo tratamos das estratégias metodológicas que foram aplicadas em sala de aula. Com isso, apresentamos toda descrição metodológica sobre a pesquisa, sobre o produto educacional, acerca dos elementos que compõem a Sequência Didática (SD), enfatizando o seu objetivo central, assim como sua forma organizacional ou estrutural, suas variáveis metodológicas e por fim a sequência didática elaborada.

O capítulo posterior terá a intenção de apresentar os resultados obtidos perante a intervenção em sala de aula, enfatizando os resultados positivos e negativos enfrentados pela proposta aplicada, destacando os impasses transcorridos e a experiência adquirida para trabalhos posteriores.

Por fim, apresentaremos nossas ponderações finais acerca da pesquisa desenvolvida, relatando as experiências adquiridas com esse estudo e possíveis cooperações para o ensino dessa temática, delineando uma alternativa para professores de Ensino Médio uma intervenção dessa natureza, por um viés histórico-investigativo.

## 2.0. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

### 2.1. A ABORDAGEM EXPERIMENTAL NO ENSINO DE CIÊNCIAS E O LABORATÓRIO PROBLEMATIZADOR: ALGUNS APONTAMENTOS

Há várias décadas o ensino de Física vem sofrendo mudanças significativas na forma como os conteúdos são abordados. Tais mudanças afetam os objetivos de ensino, as técnicas empregadas e os próprios temas a serem trabalhados. Lentamente essas modificações chegam às salas de aula juntamente com diferentes abordagens didáticas. Nesse processo, a abordagem experimental ganhou destaque e durante muitas décadas passou por vários projetos de inserção no ensino de Ciências, especialmente no ensino de Física.

Nas décadas de 60 e 70 a experimentação assumiu um papel importante, alavancada por mudanças políticas e tecnológicas. A proposta na época consistia na implementação de um ensino de Ciências contextualizado e o laboratório seria a plataforma ideal para um ensino inovador.

O maior objetivo naquele período era o ensino de um método experimental e o desenvolvimento de habilidades motoras, guiadas pelo tecnicismo, que seguia manuais de montagens como tentativa de ilustrar a teoria. Não existia uma preocupação com as concepções alternativas, a resolução de problemas ou a construção criativa por parte dos estudantes.

Segundo Alves Filho (2000, p.25) alguns projetos seguiram essa linha e ficaram conhecidos internacionalmente, tais como:

[...] PSSC, protagonista na reformulação dos novos currículos, a Universidade de Harvard, que apresentou outra proposta curricular através do “Project Physics Course”. Na Inglaterra, o movimento renovador se concretiza através do projeto “Nuffield Physics”. No Brasil o “PEF – Projeto de Ensino de Física”, o “FAI – Física Auto Instrutiva” e o “PBEF – Projeto Brasileiro de Ensino de Física” tornam-se iniciativas baseadas no até então inovador, PSSC (ALVES FILHO, 2000; p.26).

Nas décadas de 80 e 90, ocorrem mudanças significativas e a transposição didática ganhou destaque como alicerce da relação entre conhecimento teórico e prático. Nesse mesmo período é explorada a concepção de laboratório construtivista, levando em conta os conhecimentos prévios dos estudantes (ALVES FILHO, 2000). O ensino de laboratório começa a investigar a aprendizagem e não apenas a técnica pela técnica ou a atividade experimental como comprovação da teoria.

Com o andamento das pesquisas, o laboratório de ciências começou a explorar concepções de ciência e de “método científico”, passou a existir uma preocupação maior com

o estudante como sujeito ativo no processo de ensino e aprendizagem. O laboratório de ciências torna-se complexo, dando ênfase a aspectos como a problematização de fenômenos, às características da produção científica e da epistemologia da ciência.

As atividades experimentais e os laboratórios didáticos em física atingem um contexto epistemológico-pedagógico. Epistemológico, porque envolve concepções de realidade, de conhecimento, de conhecimento científico, de relações entre diferentes formas de conhecimento, de método científico, enfim, de uma concepção de ciência. Pedagógico, por envolver concepções de aprendizagem, de posicionamento dos conhecimentos prévios dos alunos, de relações entre conteúdo e método, uma concepção de currículo. (AMARAL, 1997, apud HIGA e OLIVEIRA, 2012, p.5).

A partir da exploração de aspectos como esses, o laboratório de Física ganha um patamar mais completo e de forte envolvimento com as ideias sobre atividade científica. A atividade experimental é encarada como um momento de construção prática e reflexão sobre a atividade científica.

Com o tempo, o laboratório didático em física tomou um patamar cada vez maior e uma complexidade proporcional, com ações e tarefas que cumprem um papel de mediação e contextualização do ensino de física (HIGA e OLIVEIRA, 2012, p.54).

Por essas características, o laboratório didático evoluiu e tornou-se base para uma grande quantidade de investigações no ensino de Física nos últimos anos e em diversas outras áreas das ciências. Ele é encarado como um ambiente estimulante, que pode atingir valores amplos, públicos mais exigentes e com dificuldades de aprendizagem cada vez mais complexas de serem enfrentadas. Nessas condições o desenvolvimento de uma atividade experimental que contemple todas essas questões requer a investigação de uma proposta de laboratório cada vez mais elaborada. Dessa forma é necessário o estudo das principais características do laboratório problematizador e de como proceder antes, durante e após sua abordagem.

Nos tópicos a seguir, faremos uma discussão dessas características, do que dizem as pesquisas sobre o tema e orientações para explorar o laboratório problematizador no ensino de física.

### **2.1.1 O laboratório problematizador**

Inserido dentro das atividades experimentais, o Laboratório Problematizador (LP) constitui um espaço com situações que estimulem os conflitos cognitivos nos estudantes, seus

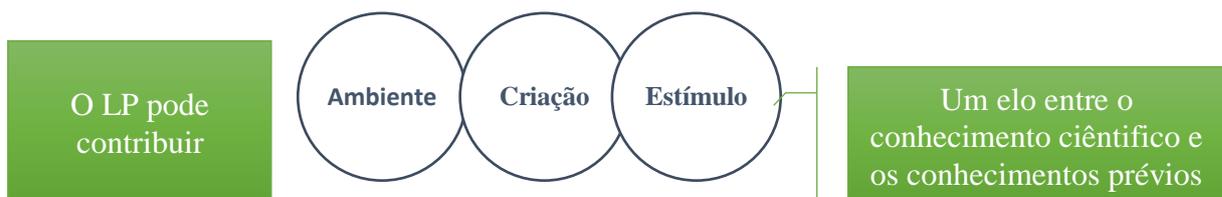
conhecimentos prévios, suas habilidades na resolução de problemas e compreensão de fenômenos naturais, através da manipulação de objetos e sua importante relação com o conhecimento conceitual.

No espaço de investigações, esse tipo de atividade experimental explora múltiplos conhecimentos, relacionando-os ao conhecimento formal, sem padronização de etapas do conhecimento científico, ligando-o à fatores externos, por exemplo, à situações do cotidiano dos estudantes.

A riqueza desse tipo de atividade está em propiciar ao estudante a oportunidade, e ele precisa estar consciente disso, de trabalhar com coisas e objetos como se fossem outras coisas e objetos, em um exercício de simbolização ou representação. Isso permite conectar símbolos com coisas e situações imaginadas, expandindo os horizontes de sua compreensão o que raramente é buscado na forma como o laboratório é trabalhado (BORGES, 2002, p. 295).

Quando analisamos essas características na sala de aula, professor e estudante têm a oportunidade de dialogarem sobre o conhecimento. O professor tem a oportunidade de relacionar efetivamente os conceitos físicos com a apreciação dos fenômenos da natureza e da própria natureza da atividade científica. Por outro lado, os estudantes terão a chance de dedicarem mais tempo à análise e interpretação de resultados e do próprio significado da atividade que estão desenvolvendo.

Outra importante característica do LP diz respeito a oportunidade dos estudantes terem acesso à diferentes tipos de atividades que envolvam a experimentação, mas sem a demasiada atenção a técnicas e procedimentos. Como consequência pode haver o estímulo, a criatividade e à chance de explorar características da investigação científica. Isso pode acarretar um interesse maior dos estudantes pela ciência numa inter-relação entre ambiente, criação e estímulo (GRANDINI e GRANDINI, 2004), como demonstrado no diagrama abaixo:



Fonte: Elaboração própria

Durante esse processo, o ambiente de criação pode gerar um interesse na participação dos indivíduos, formando um elo entre o conhecimento científico e os conhecimentos prévios.

O estudante consegue assumir um papel de protagonista e investigador de fenômenos, com autonomia para desenvolver suas hipóteses e socializar o conhecimento produzido a partir de situações-problema analisadas no experimento.

De acordo com Amaral (1997), essa relação entre ambiente e experimentação é fundamental para a compreensão do fenômeno natural, desde que leve em conta o contexto no qual o conhecimento está sendo trabalhado bem como o público envolvido. Nesse sentido, o LP pode explorar múltiplos conhecimentos e contextos que valorizem a atividade científica e as concepções dos estudantes sobre ela. Dessa forma,

[...] criar situações que agucem os conflitos cognitivos no aluno, colocando em questão suas formas prévias de compreensão dos fenômenos estudados; representar, sempre que possível, uma extensão dos estudos ambientais quando se mostrarem esgotadas as possibilidades de compreensão de um fenômeno em suas manifestações naturais, constituindo-se em uma ponte entre o estudo ambiental e o conhecimento formal. (AMARAL, 1997, p. 14)

Não podemos afirmar que tais considerações podem solucionar ou mesmo se encaixar nas adversas realidades e múltiplas dificuldades de sala de aula. No entanto, a potencialidade de investigação dos fenômenos físicos através das situações práticas é formidável, e pode fornecer a oportunidade que o estudante precisa para exteriorizar suas dificuldades e ao mesmo tempo enfrentá-las, explorando outras habilidades, que não sejam apenas as lógicas matemáticas, na resolução de problemas.

Numa perspectiva construtivista, Francisco, Ferreira e Hartwig (2008) afirmam que, se for bem trabalhado, o LP pode gerar uma aproximação entre o conhecimento conceitual e os conhecimentos prévios dos estudantes, possibilitando um conflito importante entre diferentes concepções, que pode propiciar uma aprendizagem mais duradoura. Nesse sentido, o estudante torna-se produtor de seu próprio conhecimento sem ser pressionado ou direcionado a obter o resultado que esteja de acordo com uma teoria já estabelecida (MCCOMAS, 2005).

Com o propósito de combater essas dificuldades, devemos encarar as práticas experimentais com um olhar mais detalhista, atentando principalmente para os momentos de problematização e discussão dos resultados ao invés de nos debruçarmos no desenvolvimento dos procedimentos e montagem de equipamentos, o que geralmente fazemos.

Seguindo essa linha de raciocínio, podemos estruturar o LP em três momentos definidos por Rosa e Rosa (2012, p.4) como “**pré-experimental**”, “**experimental**” e “**pós-experimental**”.

Na fase **pré-experimental**, o estudante terá uma preparação e familiarização com o conhecimento que será abordado através de uma contextualização, como por exemplo, a apresentação de uma situação desafiadora (levantamento de questões, contextualização histórica, resolução de um problema específico, etc). Nesse momento, os estudantes serão orientados sobre os objetivos da atividade e poderão desenvolver suas próprias hipóteses. Eles terão a oportunidade de traçarem sua própria forma de agir diante do problema, confrontando seus conhecimentos prévios com novos saberes científicos. Será o momento da reflexão antes da ação.

Na fase **experimental**, os estudantes fazem o manuseio dos materiais, testam suas hipóteses, compartilham suas ideias com seus colegas e com o professor, expõem suas dificuldades, habilidades, estabelecem conflitos ou acordos entre si, criam novas estratégias para encarar os problemas, têm acesso a novos objetos de aprendizagem, etc.

A última fase, a **pós-experimental** ganha destaque, tendo um tempo considerável para ser bem executada. Nesta fase, os estudantes devem ser estimulados a reverem suas hipóteses, analisarem suas estratégias, discutirem os resultados obtidos, confrontando as ideias de cada equipe e defendendo seus pontos de vista, simulando diferentes comunidades científicas. Tudo isso, para que esse momento não seja cansativo e desinteressante.

A partir desses três momentos, a atividade de laboratório atinge um nível cada vez maior de complexidade e aprofundamento epistemológico sobre a própria atividade científica. Dessa forma, ainda considerando pressupostos de Rosa e Rosa (2012, p.12), elementos novos são acrescentados ao laboratório, que passa de manual de instruções para um livro aberto de possibilidades de:

- i. Inovação;
- ii. Construção;
- iii. Descoberta;
- iv. Estimulo a atividade científica;
- v. Protagonismo compartilhado (estudante e professor);
- vi. Interação com o conhecimento e estratégias na compreensão de fenômenos;
- vii. Estudo de características da atividade científica: levantamento de hipóteses, confronto de ideias, desmistificação da ciência, etc;
- viii. Compreender e lidar com os erros como forma de aprendizagem da ciência.

Nesse sentido, as características do LP fazem dele uma opção importante para o ensino de Física. Todavia, existem dificuldades para sua abordagem com uma frequência maior e

isso se deve a vários fatores que serão abordados a seguir, bem como formas de solucioná-los.

### **2.1.2 Dificuldades e possibilidades ao se trabalhar com o Laboratório Problematizador: o que dizem as pesquisas?**

Como discutimos anteriormente, a atividade experimental vem sendo trabalhada a várias décadas no ensino de Ciências. Muitas pesquisas apontam para uma escala cada vez maior de produção sobre o tema (AMARAL, 1997; PINHO ALVES, 2000; PENA e RIBEIRO, 2009; GRANDINI e GRANDINI, 2004; HIGA e OLIVEIRA, 2012), preocupadas com atividades experimentais qualitativas e com uma postura mais flexível e problematizada. Todavia, ainda necessitamos de novos trabalhos, com novas estratégias metodológicas que possam atingir um público cada vez maior.

Numa Investigação feita com trabalhos publicados sobre o tema entre os anos de 1971 a 2006, Pena e Ribeiro Filho (2009) alertam para as dificuldades enfrentadas e as deficiências na abordagem do LP. Dentre elas destacam-se:

- Limitações na formação acadêmica dos professores;
- A falta de condições técnicas para o trabalho com os estudantes;
- Falta de apoio pedagógico das escolas para o desenvolvimento de metodologias que privilegiem as atividades investigativas;
- Apoio de profissionais da área técnica para o manuseio e manutenção de alguns equipamentos;
- Dificuldades de desenvolvimento de materiais de baixo custo que se encaixem nas reais necessidades dos estudantes;
- Grande número de estudantes por turma;

Estas questões são recorrentes, persistem há várias décadas, desde as primeiras iniciativas de se trabalhar a experimentação. Entretanto, existem outros problemas que se juntam a estes já citados, e chegam às salas de aula juntamente com as novas gerações. Um deles está relacionado à inserção das tecnologias, como por exemplo, o aparelho celular, que apresenta um potencial para explorar fenômenos físicos do cotidiano dos estudantes, mas não é trabalhado com frequência.

Nos últimos anos, uma série de abordagens para o LP tenta superar essas dificuldades, priorizando a aprendizagem dos estudantes e a resolução de problemas,

valorizando o estudo de características da produção científica experimental e habilidades de construção de materiais, com abordagens que envolvem a resolução de problemas (FRANCISCO JR; FERREIRA e HARTWING, 2008), experimentos históricos (PINTO; SILVA e FERREIRA, 2017) ou com a utilização de materiais de baixo custo (SILVA e LEAL, 2017). Todas essas abordagens elucidam que o Laboratório Problematizador, em Física, caminha para o desenvolvimento de uma compreensão mais contextualizada e significativa dos fenômenos sem desvincular teoria e prática.

Segundo Borges (2002), as investigações do LP, em Física, evidenciam que os estudantes conseguem construir conceitos de maneira organizada e possível de ser compreendida em suas ações, sobre problemas e fenômenos no seu dia a dia. Dessa forma, o estudante tem a oportunidade de “ver o mundo como seu laboratório... em casa, na escola e na natureza” (MCCOMAS, 2005, p.26).

Partindo para o lado do professor, Andrade e Massabni (2011), Moraes e Silva Junior (2014) e Pereira e Fusinato (2015), afirmam que, apesar das dificuldades apontadas anteriormente, as atividades de laboratório numa perspectiva problematizadora podem fornecer elementos importantes para que os professores explorem diferentes características dos fenômenos físicos, criando outra visão acerca da disciplina. Isso dependerá, é claro, de uma formação mais diversificada, considerando diferentes realidades, discussões práticas e teóricas apropriadas, priorizando atividades diretas com os estudantes e interdisciplinaridade com outras áreas, e que, acima de tudo, leve em conta:

[...] A história da Física, o seu desenvolvimento histórico e tecnológico, a sua epistemologia; do mesmo modo, elucidando o ensino de controvérsias, que surgem com relativa facilidade no contexto escolar e universitário, quando os conteúdos de Física confrontam-se com o senso comum; ou ainda, afastar-se dos enfadonhos roteiros experimentais, que transparecem arraigados no ensino experimental dessa ciência, independentemente do nível educativo (PEREIRA e FUSINATO, 2015, p.139).

Numa investigação feita a partir de trabalhos publicados entre os anos de 2001 e 2011, Higa e Oliveira (2012) afirmam que a maior parte das pesquisas estão direcionadas ao Ensino Médio, enfatizando a importância da teoria e da atividade experimental, com foco na análise da função do experimento em relação ao desenvolvimento cognitivo do estudante e ênfase em atividades com elementos investigativos e menos centradas no professor. Nessa mesma investigação eles destacam alguns pontos importantes que devem ser levados em consideração durante as aulas de laboratório e que podem ser uma saída para as dificuldades

enfrentadas ao trabalhar com as atividades experimentais. Segundo Higa e Oliveira (2012, p. 85), é necessário:

- Partir de situações problemáticas abertas, para despertar o interesse do estudante;
- Incluir as possíveis implicações entre ciência, tecnologia, sociedade e ambiente (CTSA);
- Articular os conhecimentos teóricos com os resultados obtidos e as hipóteses levantadas pelos estudantes;
- Potencializar a análise qualitativa, fornecendo perguntas e hipóteses que orientem o tratamento das concepções dos estudantes, de tal modo que possam planejar a atividade experimental envolvendo a dimensão tecnológica correspondente ao processo investigativo;
- Considerar diferentes perspectivas do estudo, apontando outros níveis de complexidade, problemas derivados e as implicações CTSA;
- Considerar a importância do estudo realizado como um corpo coerente de conhecimento e as possíveis implicações em outros campos de conhecimento;
- Elaborar memórias científicas, ressaltando o papel da comunicação no debate científico e potencializar a dimensão coletiva do trabalho científico, favorecendo integração entre os grupos de estudantes;
- Investir em conhecimento nas licenciaturas na área de oficinas experimentais para estimular os futuros professores no processo criativo e exploratório que a ciência possui.

Nesse contexto, o LP pode se tornar uma alternativa viável como forma de contextualizar fenômenos físicos com diferentes contextos e problemas específicos. Tal perspectiva, torna o LP uma possibilidade de o professor enfrentar os problemas de aprendizagem dos estudantes como uma alternativa criativa e instigante e não como uma atividade trabalhosa e que necessite obrigatoriamente de um ambiente engessado de procedimentos.

## 2.2. HISTÓRIA DA CIÊNCIA: POR QUE TRABALHÁ-LA NA SALA DE AULA?

A implementação da História da Ciência (HC) na educação científica tem sido recomendada por diversos pesquisadores (ROBILOTTA, 1988; MATTHEWS, 1995; DUARTE, 2004; MARTINS, 2006; FORATO, 2009; SILVA et al, 2014), denotando um

recurso profícuo para uma boa formação, “especialmente visando o ensino/aprendizado de aspectos epistemológicos da construção da ciência” (FORATO, PIETROCOLA e MARTINS, 2011, p. 29). Nesse mesmo caminho, Medeiros e Bezerra Filho (2000) relatam que a forma como deve ser conduzido à construção do conhecimento científico é tão importante quanto os conteúdos por si só.

Considerando essa perspectiva, destaca-se a importância do uso da abordagem histórica no ensino de Física, uma vez que os pesquisadores afirmam, que ela:

[...] motiva e atrai os alunos; humaniza o conteúdo ensinado; favorece uma melhor compreensão dos conceitos científicos; pois os contextualiza e discute seus aspectos obscuros; ressalta o valor cultural da Ciência; enfatiza o caráter mutável do conhecimento científico; e, permite uma melhor compreensão do método científico (MATTHEWS, 1995; HOTTECKE & SILVA, 2011, apud SOUZA, 2014, p. 16).

A abordagem histórica apresenta-se como uma ferramenta pedagógica com muitas potencialidades, visto que possibilita, também aos estudantes, obterem compreensão de certas características da Natureza da Ciência (NdC), fator essencial para a formação de um cidadão crítico e reflexivo (FORATO, PIETROCOLA e MARTINS, 2011). Na mesma linha de pensamento, Driver et al. (1996, apud ACEVEDO et al. 2005, p.4) afirmam que “uma melhor compreensão da NdC permite tomar decisões mais refletidas sobre questões tecnocientíficas de interesse social, o que contribuiria para tornar mais possível a participação na cidadania”. Ainda sobre isso, Martins (2006, p. 20) assegura que “o estudo detalhado de alguns episódios da história<sup>1</sup> da ciência é insubstituível, na formação de uma concepção adequada sobre a natureza das ciências, suas limitações, suas relações com outros domínios”.

Partindo desses pressupostos, notadamente a HC, além de revelar uma concepção da NdC, ela pode ajudar na compreensão dos próprios conteúdos científicos, tornando as aulas mais instigantes, passando a visão de uma ciência humana que se importa com as questões políticas, pessoais, éticas e culturais (BRASIL, 2002).

Nessa perspectiva, aqui defendida, não é possível separar essas quatro instâncias que Forato, Pietrocola e Martins (2011, p. 30) defendem, que são:

- i. A visão que se tem da ciência;
- ii. A concepção sobre os processos históricos e sociais de sua construção;
- iii. Os elementos que guiam a seleção dos saberes escolares;

---

<sup>1</sup> Por ideia de Episódios históricos seria “fazer um recorte temporal e espacial de um tema da História da Ciência, com vistas a tratar com profundidade o assunto e, assim, evitar erros históricos” (JARDIN e GUERRA, 2017, p. 246).

iv. Os pressupostos que guiam os métodos de seu ensino e aprendizagem.

Tendo isso em vista, quando se propõe o “uso da História da Ciência na educação científica, é necessário ter claro que qualquer narrativa histórica encerra uma visão da ciência e dos processos de sua construção” (FORATO, PIETROCOLA E MARTINS, 2011, p. 30).

Necessita-se considerar alguns pontos relevantes para o uso da abordagem histórica em sala de aula, que é amplamente conhecido e discutido pela literatura especializada, mas iremos nos deter a dois quesitos que acreditamos ser pertinentes para fundamentar tal pesquisa. O primeiro remete aos conhecimentos necessários que os professores devem possuir para fazer uso da HC em sala de aula e o segundo contexto decorre dos materiais didáticos disponíveis e que apresentam potencialidade em subsidiar as atividades, tanto no contexto dos professores, como do estudante.

Em relação ao primeiro quesito, é sugerido que, “ainda que não seja confirmada uma relação direta entre o professor conhecer a HC e utilizá-la em sala de aula, é recomendável que o professor conheça o assunto para que possa, caso deseje, torná-lo parte de sua prática” (SOUZA, 2014, p. 17). Sobre isso, Martins (2006) afirma que uma das barreiras para utilização da HC na educação científica é o número ínfimo de professores com formação adequada para pesquisar e ensinar de forma adequada.

Para isso, Silva e colaboradores (2014, p. 33) relatam que

[...] o professor não necessita ser um historiador e/ou filósofo da ciência, mas que efetivamente sua formação profissional deva possuir um mínimo de conhecimentos de historiografia e epistemologia da ciência para poder enxergar armadilhas que a informação o transmite (SILVA et al, 2014, p. 33).

O segundo ponto relevante, que cabe destacar, é a forma como os livros-texto se apresentam como recurso didático. Segundo Martins (2006, p. 21) “os livros científicos didáticos enfatizam os resultados aos quais a ciência chegou – as teorias e conceitos que aceitamos, as técnicas de análise que utilizamos – mas não costumam apresentar alguns outros aspectos da ciência”. Outro desafio a ser enfrentado diz respeito à tradição existente nos livros didáticos com o uso ingênuo da história (FORATO, PIETROCOLA e MARTINS, 2011).

Sobre a escrita de livros didáticos de história Martins (2006, p. 28) destaca:

Assim como existem os professores improvisados de história da ciência, que não têm formação adequada, há os escritores improvisados de história da ciência. São pessoas sem um treino na área, que se baseiam em obras não especializadas (livros escritos por outros autores improvisados), juntam com informações que obtiveram em jornais, enciclopédias e na Internet, misturam tudo no liquidificador (ou no computador) e servem ao leitor desavisado (MARTINS, 2006, p. 28).

Notadamente o problema não é a inexistência dos materiais em livros-texto acerca da HC, mas a qualidade que esses materiais propõem, de forma totalmente descontextualizada, “impregnada de concepções tácitas acerca do processo de produção do conhecimento físico” (ROBILOTTA, 1988, p. 12)

Por acreditarmos em tais proposituras, o professor tendo uma formação adequada e acesso a materiais de boa qualidade, a HC poderá mostrar-se uma ferramenta com grande potencialidade no Ensino de Ciências, e neste sentido, consideramos que o estudo de episódios históricos são indispensáveis, o que não poderia ser diferente em relação ao episódio da pilha de Alessandro Volta

### **2.2.1 O episódio histórico escolhido**

Ao longo da História da Ciência muitas descobertas marcaram épocas e ajudaram no surgimento de revoluções tecnológicas, mudanças sociais e na popularização do conhecimento científico. Algumas com transformações lentas e outras com velocidade surpreendente. A exemplo disso temos as investigações dos fenômenos elétricos entre os séculos XVII e XVIII, que popularizaram uma série de experimentos que floresceram durante esse período e fascinaram pessoas em várias partes da Europa.

Durante o século XVIII, em especial, houve uma valorização maior da atividade científica apoiada pelas revoluções sociais e econômicas influenciadas pelo Iluminismo, a exemplo da Revolução Francesa e da Indústria, na Inglaterra (BRITO, et.al, 2014). Notadamente a eletricidade acompanhou esse ritmo e muitos trabalhos sobre o tema foram apresentados e outros tantos de invenções expostas para diversos tipos de público. Diferentemente de outras grandes áreas do conhecimento como a Gravitação Universal, que não gerou de imediato um grande número de aplicações e aparatos tecnológicos, os fenômenos elétricos, por outro lado, tiveram um fluxo de aparatos experimentais e popularização quase que imediato.

Nesse contexto, pesquisadores na Europa e dos Estados Unidos se empenharam em explorar experimentos e fazer investigações cada vez mais aprofundadas sobre os fenômenos elétricos (JOHNSON, 2009). A exemplo de Benjamin Franklin (1706-1790), que ficou

famoso por suas investigações sobre o tema, com a hipótese para a explicação do “fogo elétrico<sup>2</sup>” e da eletricidade positiva e negativa.

No final do século XVIII, vários temas estavam sendo investigados, como os efeitos das descargas elétricas em gases e em músculos e nervos (GUERRA e FORATO, 2015). Este último tema em especial, despertou a atenção do médico italiano Luigi Galvani (1737-1798), que nos últimos anos de sua vida dedicou-se à realização de experimentos para investigar as reações dos músculos de rãs ao serem submetidas à descargas elétricas. Como resultado de seus trabalhos, Galvani publicou em 1791 o artigo *De viribus electricitatis in motu musculari*, que estimulou a defesa da existência de uma espécie de eletricidade animal, por parte de alguns pesquisadores, inclusive o próprio Galvani, e por outro lado, daqueles que eram contra essa teoria.

Nessa onda de investigações, o pesquisador italiano Alessandro Giuseppe Antonio Anastasio Volta (1745- 1827) interessou-se pelos trabalhos de Galvani, ganhando notoriedade por sua habilidade na criação de dispositivos elétricos. Volta observou a influência de eletrodos metálicos nas experiências de Galvani com rãs. A partir desses estudos desenvolveu sua maior invenção, que repercutiu rapidamente na comunidade científica da época e abriu novos caminhos para os estudos da eletricidade.

Nos tópicos a seguir discutiremos pontos importantes dessa invenção e sua influência para os estudos e compreensão da eletricidade, que possibilitaram o desenvolvimento da corrente contínua e a criação de dispositivos elétricos cada vez mais sofisticados.

### **2.2.2 O fluido elétrico e o fascínio de um pesquisador pela eletricidade**

Até a primeira metade do século XVIII, a eletricidade era concebida como um fluido elétrico, estudado por Stephen Gray (1666-1736), que explicou os fenômenos de eletrização por atrito, através da virtude atrativa ou propriedade atrativa, e Charles Du Fay (1698 – 1739) que estudou os experimentos de Gray e explicou a eletricidade em dois tipos distintos, *Eletricidade vítrea* e *Eletricidade Resinosa*. No entanto, tais considerações eram restritas a apenas alguns tipos de materiais, que poderiam ainda apresentar as duas características ao mesmo tempo (FILHO; BOSS e CALUZI, 2007).

À medida que as investigações avançaram novas interpretações foram desenvolvidas, até que no ano de 1750, Benjamin Franklin propôs uma nova interpretação, que tratava a

---

<sup>2</sup> Nessa época os raios eram chamados de “fogo elétrico” devido ao seu potencial destrutivo como os incêndios causados durante tempestades (JOHNSON, 2009, p.29).

eletricidade como um único *fluido elétrico*, que não seria criado por atrito e sim poderia estar em excesso ou déficit nos corpos.

Comparava-se a matéria comum a uma esponja, a qual absorve a matéria elétrica, e aquela matéria contém tanto dessa quanto pode suportar. Se à matéria comum é acrescentada mais matéria elétrica, esta se dirige a superfície e forma o que ele denominava de atmosfera elétrica (FILHO; BOSS e CALUZI, 2007, p.3).

Apesar da explicação de Franklin acrescentar elementos novos aos fenômenos elétricos, sua teoria não foi um consenso e foram propostas novas hipóteses e novos fluidos elétricos. Nas décadas seguintes muitos pesquisadores dedicavam grande parte de seu tempo na compreensão desses fenômenos e no estabelecimento de uma teoria que conseguisse abarcar a gama de dúvidas que surgiam, quase que na mesma frequência da popularização da eletricidade. Um deles era o pesquisador italiano, Alessandro Volta (1745-1824), um dedicado estudioso dos fenômenos elétricos, que aos poucos adquiriu uma notável habilidade experimental o que o ajudou no desenvolvimento de suas investigações (MAGIE, 1935).

Volta iniciou seus estudos na década de 1770, vindo a trabalhar como professor de Física, sendo convidado a ingressar na Universidade de Paiva no ano de 1779. Posteriormente, em 1791, tornou-se membro da *Royal Society* de Londres, reconhecido por vários trabalhos em pneumática e em eletricidade (FORATO e GUERRA, 2015). Neste mesmo ano, Volta teve acesso ao trabalho de Luigi Galvani sobre a eletricidade animal, em tal trabalho, Galvani apresentou uma descrição detalhada de seus experimentos feitos com rãs dessecadas, e as espantosas reações dos músculos e nervos do animal ao conectá-los com diferentes tipos de metais. Numas de suas experiências ele relata:

Quando eu transporte o animal para um ambiente fechado, deitei-o sobre um prato de ferro e comecei a pressionar os ganchos que estavam presos à sua medula espinhal contra o prato, eis que surgem as mesmas contrações, os mesmos movimentos! Eu repeti os experimentos utilizando outros metais e outros lugares, em diferentes horários e dias; [obtendo] os mesmos resultados (GALVANI, 1791, tradução GUERRA e FORATO, 2014, p.33).

A surpresa de Galvani ilustra o quanto alguns fenômenos ainda estavam repletos de lacunas. No caso específico do trabalho com as rãs, Galvani defendia a ideia de uma “eletricidade animal<sup>3</sup>” que causaria a contração. Apesar das semelhanças com o fluido nervoso que explicava fenômenos parecidos como advindos do próprio corpo dos animais, os

---

<sup>3</sup> (Antes dos estudos de Galvani já existiam várias hipóteses de diferentes tipos de fluidos elétricos, inclusive de um *fluido nervoso*, com características semelhantes ao descrito por Galvani)

fenômenos descritos por Galvani seriam causados por um novo tipo de fluido, o *fluido Galvânico*, que segundo Martins (1999), gerou muita discussão já que não estava claro se ele era de natureza elétrica ou uma derivação do fluido nervoso.

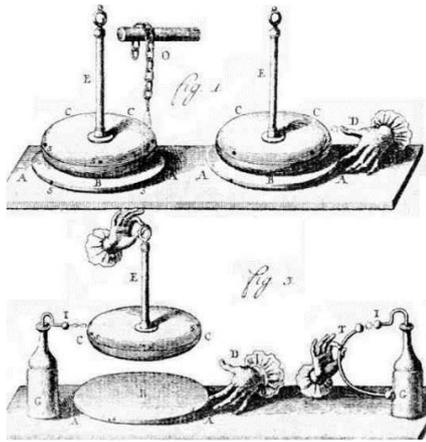
Em meio às dúvidas que surgiram em torno do *fluido galvânico*, Volta se interessou pelo trabalho de Galvani e começou a investigar o fenômeno. Ele desenvolveu vários testes com as rãs e seguiu detalhes para que os experimentos seguissem as orientações de Galvani. Após vários testes realizados, com algumas modificações, ele concentrou suas observações nos metais utilizados. Volta fez várias combinações diferentes, com metais e não-metais. Nesse processo, ele percebeu mudanças nos efeitos e chegou a hipótese de que a eletricidade estava ligada aos metais e não aos músculos das rãs, os quais estariam agindo apenas como um corpo sensível a eletricidade (BONI, 2007).

Segundo Martins (1999), havia dois problemas com a interpretação de Volta. Em primeiro lugar, não seria fácil de se aceitar, naquela época, que apenas com o contato de metais se produziria eletricidade. Em segundo, Volta estava utilizando partes de animais para a realização dos experimentos, e dessa forma, os efeitos ainda poderiam ser causados pela *eletricidade animal*.

Pouco tempo após Volta publicar seus resultados, várias críticas surgiram e alguns pesquisadores apresentaram novos experimentos, afirmando que seria possível obter as contrações sem a utilização de metais (CHAGAS, 2000). Diante das críticas, Volta não desistiu de sua hipótese e buscou formas de defendê-la. Nessa empreitada, ele desenvolveu diferentes aparatos experimentais, o *eletróforo* (Figura 1) e um aparelho chamado *eletrômetro condensador* (Figura 2). O primeiro aparelho era utilizado para produção de cargas elétricas num processo que chamamos hoje de indução eletrostática. Já o condensador, tinha a capacidade de detectar pequenas tensões elétricas (MARTINS, 1999).

Figura 1: Eletróforo desenvolvido por Volta em 1775.

Figura 2: Eletrômetro aperfeiçoado por Volta para detecção de pequenas tensões elétricas.



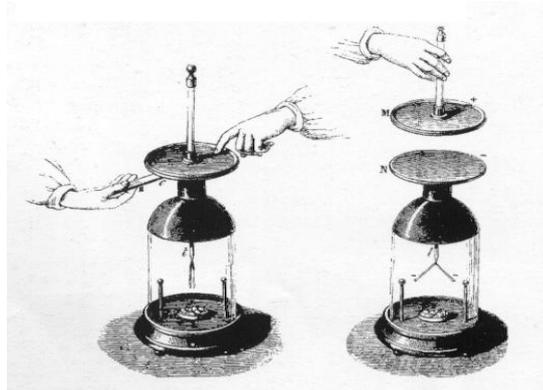
Fonte: MARTINS, 1999, p. 826



Fonte: MARTINS, 1999, p. 827

Com a união desses dois dispositivos (Figura 3), Volta conseguiu obter efeitos perceptíveis com um par elétrico. Primeiramente carregava-se o disco superior, tocando-se o disco inferior com a mão. Depois, retira-se o contato do disco inferior, afastando o disco superior. Nesse processo era observado um forte desvio das palhas do eletrômetro, que possibilitou que Volta exibisse a influência de um par metálico na geração de descargas elétricas.

Figura 3: Eletrômetro condensador sendo utilizado.



Fonte: <http://museu.fis.uc.pt/121ig.htm>

Com esses experimentos, Volta conseguiu evidências da eletricidade gerada por metais diferentes. Baseado nos experimentos com o condensador, Segundo Martins (1999), Volta lançou a seguinte hipótese:

Dois metais diferentes, em contato mútuo, atraem de formas diferentes a eletricidade neles contida, e por isso um deles se torna mais carregado de eletricidade e o outro se torna menos carregado. Se esse par de metais for conectado através de um

condutor úmido, como ocorre no caso da rã, fluirá uma fraca corrente de eletricidade de um para o outro, de forma constante (MARTINS, 1999, p.827).

Essa hipótese certamente foi reforçada com o andamento de suas investigações e apesar das evidências encontradas, não era o suficiente para explicar o fenômeno e convencer seus contemporâneos que estudavam a eletricidade, principalmente por causa dos efeitos observados não serem de fácil reprodução.

Na busca por mais evidências que reforçassem sua hipótese, Volta investigou maneiras de intensificar os efeitos descritos em seus trabalhos. Nessa empreitada, ele desenvolveu o dispositivo que ficou conhecido como *pilha de volta*. No tópico a seguir abordaremos a construção e funcionamento desse dispositivo e sua repercussão na comunidade científica da época.

### **2.2.3 Em busca de novas evidências: o empilhamento**

Com o andamento das pesquisas, Volta fez vários experimentos com pares metálicos e não-metálicos, que até o momento não eram o suficiente para obtenção de efeitos elétricos mais fortes. Até que no ano de 1799 essa busca o levou a colocar vários pares metálicos em série de prata e zinco. De início os resultados não eram intensificados como ele esperava. Na verdade, os efeitos eram idênticos a apenas um par elétrico (MARTINS, 1999).

Apesar da frustração, Volta continuou os testes e começou a fazer configurações diferentes com 30, 40 e 60 peças ou mais, e igual camadas de materiais de algum líquido condutor como a água salgada ou lixívia. Esse líquido era utilizado para encharcar pedaços de cartão ou couro, que intercalavam camadas de dois metais diferentes. Com essa distribuição de diferentes substâncias, Volta chegou a um empilhamento (Figura 4), daí o nome pilha, que apresentava uma capacidade de armazenar eletricidade por muito mais tempo que as baterias conhecidas até então, sem a necessidade de ser carregada antes de serem usadas (MAGNAGHI e ASSIS, 2008).

Figura 4: Reproduções da pilha de Volta com as distribuições dos pares de metais em formato de disco intercalados com discos de papel molhado com água salgada.



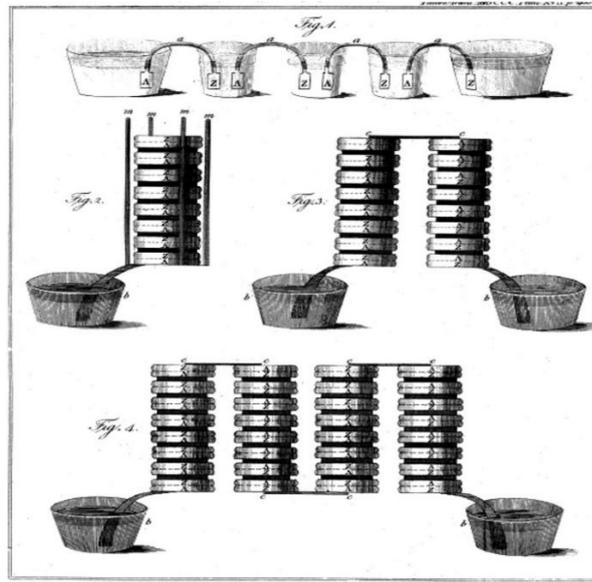
Fonte: MARTINS, 1999, p.829

No processo de elaboração da pilha, Volta cometeu muitas falhas, até chegar no arranjo mostrado na figura 4. Em suas palavras, ele descreve o arranjo da seguinte maneira:

Eu utilizei algumas dúzias de pequenas placas redondas ou discos de cobre ou bronze, ou, ainda melhor, de prata, de uma polegada de diâmetro aproximadamente (por exemplo, moedas) e um igual número de placas de estanho ou, o que é muito melhor, de zinco, aproximadamente da mesma forma e tamanho. Digo aproximadamente porque a precisão não é necessária e, em geral, o tamanho assim como forma dos pedaços metálicos, é arbitrário: tudo que é necessário é que eles possam ser arranjados facilmente um sobre o outro em uma coluna. Em seguida, utilizei um número suficientemente grande de discos de papelão, de couro, ou de algum outro material esponjoso que pode absorver e reter bastante água ou líquido no qual eles devem ser bem embebidos para que o experimento tenha sucesso (VOLTA, 1800, tradução por FORATO e GUERRA, 2014, p.21).

Com esse arranjo Volta fez vários testes e conseguiu resultados interessantes, obtendo descargas elétricas fortes, quando eram acumulados vários materiais diferentes. Quanto maior os pares empilhados maior seriam os choques obtidos (Figura 5). “Ele apresentou seu invento no ano de 1800, numa carta dirigida a Joseph Banks que foi lida na Royal Society em 26 de junho do mesmo ano e publicada nas Philosophical Transactions” (MAGNAGHI e ASSIS, 2008, p.124).

Figura 5: Volta fez várias montagens com empilhamentos cada vez maiores. Numa de suas montagens foram utilizados pratos com solução aquosa ligados em série contendo matérias diferentes.



Fonte: <http://www.scielo.br/img/revistas/rbef/v40n3//1806-9126-RBEF-40-3-e3603-gf05.jpg>

Segundo Martins (1999), grande parte desta publicação destinava-se à discussões sobre a produção de choques que a pilha podia realizar e suas semelhanças com os torpedos elétricos<sup>4</sup>, como eram conhecidas as arraias elétricas. Isso poderia reforçar ainda mais a sua ideia de que a eletricidade observada nos experimentos de Galvani estaria inteiramente ligada à sua teoria e não à eletricidade animal.

Muitas comparações eram feitas com a garrafa de Leyden, sobretudo nos efeitos das descargas elétricas nos organismos vivos. Características como tensão e efeitos eletrostáticos eram estudados e comparados entre a garrafa de Leyden e a pilha desenvolvida por Volta. Enquanto a garrafa de Leyden apresentava fortes descargas elétricas e tensões perceptíveis, a invenção de Volta tinha poucos efeitos eletrostáticos (atração e repulsão) e tensões muito baixas. O que se podia observar eram apenas pequenas deflexões no eletroscópio de palha. Esses efeitos não eram bem compreendidos nem muito menos suficientes para convencerem seus contemporâneos (JARDIM e GUERRA, 2018). Isso era agravado pelas dúvidas quanto a origem da eletricidade da pilha, uma vez que o consenso na época era de que as propriedades principais da eletricidade eram de atração e repulsão, algo que não havia sido identificado nas observações de Volta (MARTINS, 1999).

<sup>4</sup> Naquela época os torpedos elétricos haviam sido estudados devido a sua habilidade em produzir fortes choques em quem os tocava, semelhante ao que ocorria quando alguém tocava na garrafa de Leyden (MARTINS, 1999, p.830).

Outra dúvida era quanto a natureza do fenômeno, era um fenômeno: *galvânico* ou uma eletricidade inteiramente ligada aos metais, a *eletricidade voltaica*? *Qual o verdadeiro papel do fluido utilizado no experimento?*

Tendo em vista tantos problemas, e a falta de uma teoria que abarcasse questões como essas, Volta empenhou-se em divulgar sua invenção e defendê-la em vários lugares onde a apresentava. Ele tentou intensificar os efeitos elétricos utilizando combinações com vários empilhamentos, com 100 e até mais pares de metais, obtendo deflexões perceptíveis em seu eletroscópio de palha (MARTINS, 1999).

Segundo Boni (2007), Volta fez correspondência com vários pesquisadores, onde detalhava como as pilhas deveriam ser feitas e sua preocupação em compreender os efeitos gerados por diferentes pares de condutores. Inclusive seus testes com outros materiais como carvão vegetal e mercúrio. Muitos pesquisadores se interessaram pelo invento e o reproduziram com novas adaptações e conseguiram obter novos resultados. Paul Erman, conseguiu em 1801 obter uma atração entre um condutor ligado à pilha e uma bola de um eletroscópio, Wilhem Ritter observou uma atração entre duas folhas de ouro conectadas aos polos opostos da pilha, numa montagem com 84 pares de zinco – prata, Gautherot relatou experimentos com a pilha de Volta e a atração produzida pela eletricidade de atrito (MARTINS, 1999).

Em meio a essas publicações, Volta continuou seus estudos e apresentou em 1805 novos trabalhos, relatando em um deles que teria produzido eletricidade e conseguira carregar grandes baterias elétricas num curto intervalo de tempo, além dos estudos dos efeitos fisiológicos causados pelas pilhas e pela garrafa de Leyden (CHAGAS, 2000). Com esses trabalhos ele acreditava ter argumentos suficientes para sustentar sua teoria da natureza elétrica da pilha. No entanto, os estudos continuaram e mais questionamentos surgiram, inclusive novos estudos que culminaram numa teoria química para a pilha e na eletrolise de metais alcalinos (GUEDES, 2000). Dessa forma, a pilha foi apenas um estopim para o desenvolvimento de uma série de estudos e novos conhecimentos da Física e de outras áreas do conhecimento. Procuravam-se efeitos eletrostáticos em fenômenos eletrodinâmicos....

#### **2.2.4 A repercussão do invento de Volta e os impactos para os trabalhos em eletricidade**

A pilha voltaica teve uma divulgação imediata em várias partes da Europa, dando ainda mais notoriedade aos trabalhos de Volta. Pesquisadores em várias academias e até mesmo curiosos sobre o invento tentaram reproduzi-la (GUEDES, 2000). A grande maioria

estava intrigada com a capacidade de gerar e armazenar eletricidade num só dispositivo, que poderia ser feito com materiais relativamente simples de serem adquiridos.

Até o final de 1800, muitos pesquisadores já tinham construído a pilha e feito aperfeiçoamentos importantes, que culminaram em novas descobertas, como o fenômeno da decomposição da água, a *eletrólise*, que foi observada pelo cirurgião Inglês Anthony Carlisle (1768-1840) e William Nicholson (1753-1815), na época editor do *Journal of Natural Philosophy, Chemistry, and Arts* (JARDIM e GUERRA, 2018). A publicação nesse jornal e em outras revistas mais acessíveis a um público mais diversificado contribuiu para a difusão do trabalho de Volta.

Inicialmente a divulgação foi feita para um conjunto de associados da Royal Society, que aos poucos relatavam as experiências sobre eletricidade e posteriormente fizeram diversas publicações sobre a pilha, por exemplo, na área que conhecemos hoje como Eletroquímica e até mesmo em Medicina.

Segundo Jardim e Guerra (2018), de abril a outubro de 1800 surgiram comunicações que anunciavam a *bateria voltaica* em Londres, Viena, Halle, Copenhague Paris, Haarlén, Como, Bristol e Genebra. Esse cenário ilustra a incrível divulgação inicial que o trabalho de Volta teve em menos de um ano de publicação. Outro fator que devemos levar em conta era os contatos de Volta, que o fizeram conseguir uma apresentação de seu trabalho a Napoleão Bonaparte (1769-1821), que na época possuía grande influência em várias partes da Europa e viu na figura do pesquisador italiano a oportunidade de expandir seus propósitos políticos. Isso realmente surtiu efeito para criar a figura de Napoleão como um visionário do conhecimento, especialmente dos estudos da Física, que obviamente ajudou ainda mais na carreira de Volta.

Na visão de Boni (2007), Volta teve toda uma imagem enaltecida pela comunidade da qual fazia parte. Uma imagem de gênio italiano, que tornou-se um herói, após descobrir um invento que estava revolucionando os estudos da eletricidade. Não obstante, essa visão é totalmente errônea sobre a construção da ciência. No caso do episódio envolvendo a pilha, o sucesso realmente existiu, mas trouxe mais dúvidas do que certezas. Esse fato foi confirmado pelos seus próprios contemporâneos, que discordavam entre si a respeito das explicações sobre o fenômeno.

Mesmo após uma década das publicações sobre a pilha, os pesquisadores não chegaram a um consenso sobre o seu funcionamento. Posteriormente seguiram-se duas explicações para o fenômeno, uma baseada na eletricidade metálica e outra enquadrada nos estudos da química, que conseguiu muitos adeptos duas décadas após a publicação de Volta

(Martins, 1999). Nesse sentido, a pilha teve um papel importantíssimo no desenvolvimento dos estudos sobre eletricidade, mas seu sucesso foi parcial, uma vez que não apresentou resultados convincentes de tensão produzida. Talvez o problema não estivesse na pilha e sim naquilo que os pesquisadores estavam procurando, efeitos eletrostáticos em fenômenos que posteriormente seriam definidos como eletrodinâmicos.

Essa discussão é interessante e pode ser o ponto de partida para um bom estudo do contexto histórico ligado à pilha, abrindo as portas para o conhecimento físico dos fenômenos elétricos e auxiliando um diálogo mais completo com os estudantes sobre o invento de Volta. Em defesa dessa hipótese apresentaremos nos tópicos seguintes uma discussão sobre carga elétrica e o conceito de corrente elétrica.

### 2.3 ALGUMAS CONSIDERAÇÕES ACERCA DE CARGA E CORRENTE ELÉTRICA

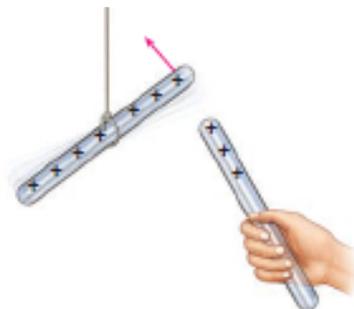
Consideremos um bastão de vidro sendo esfregado por um pedaço de seda, conforme ilustrado na Figura 6, e em seguida pendurado por um fio. Colocando outro bastão atritado nas mesmas condições anteriores, e aproximando-o do bastão pendurado, veremos que os dois bastões irão se repelir, como ilustrado na Figura 7.

Figura 6 - Bastão de vidro sendo esfregado com um pedaço de seda.



Fonte: JUNIOR, 2009, p. 18

Figura 7 - Dois bastões de vidro carregados positivamente se repelem



Fonte: JUNIOR, 2009, p. 19

Por outro lado, se um dos bastões for constituído de ebonite, e sendo atritado com pelo de animal, atrairá o bastão de vidro, assim de forma análoga, se dois bastões de ebonite forem igualmente esfregados no mesmo pelo de animal, se repelirão. “Explicamos estes fatos

dizendo que ao esfregarmos um dos bastões damos a este uma carga elétrica e que as cargas elétricas exercem forças entre si” (RESNICK, 1984, p.2).

Segundo a literatura, a carga elétrica “é uma propriedade intrínseca das partículas fundamentais de que é feita a matéria; em outras palavras, é uma propriedade associada à própria existência dessas partículas” (Resnick, 2009, p. 2).

Estas partículas podem ser conduzidas por diversos tipos de materiais, que são definidos como **condutores**, ao passo que tendiam a permanecer estáticas, chamados de **isolantes** (também denominados de dielétricos) (NUSSENZVEIG, 1997).

Entre os condutores e os isolantes existe uma classe de material intermediário, que tem a capacidade de conduzir eletricidade, os chamados **semicondutores**, em que nesses “a dopagem pode fornecer elétrons ou portadores de carga positivos que estão fracamente presos aos átomos e, por isso, conduzem corrente com facilidade” (RESNICK, 2009, p. 156). E ainda existem os **supercondutores**, que são os condutores perfeitos, ou seja, “as cargas podem circular em um supercondutor sem perder energia em forma de calor” (RESNICK, 2009, p. 157). Isso se deve à baixíssima resistência elétrica apresentada pelo supercondutor, podendo ser classificados em supercondutores de baixa temperatura crítica ou supercondutores de alta temperatura crítica.

As propriedades dos condutores e dielétricos se devem à estrutura e à natureza elétrica dos átomos. Ele é constituído de três partículas<sup>5</sup>: os **prótons**, que possuem carga elétrica positiva, os **elétrons**<sup>6</sup>, que possuem carga elétrica negativa, e os **nêutrons**, que não possuem carga elétrica.

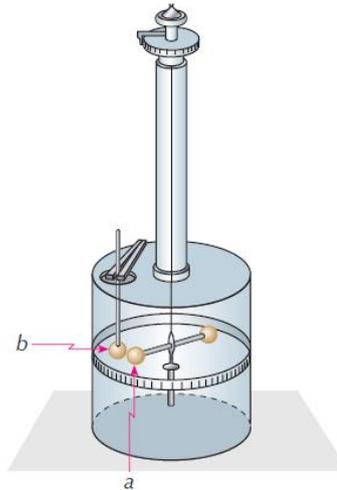
Através do protótipo da balança de Cavendish é possível medir a força de atração e repulsão entre cargas elétricas, descrevendo a lei que a rege. As cargas estão contidas nas esferas *a* e *b*, como mostra a Figura 8.

---

<sup>5</sup> Os prótons e os nêutrons são constituídos por outras partículas, denominada de quarks, que possuem carga elétrica correspondente a  $\pm \frac{1}{3}e$  e  $\pm \frac{2}{3}e$  da carga do elétron. Ainda não foi observado nenhum quark isolado.

<sup>6</sup> Num experimento conhecido como Efeito Hall, percebe-se que nos metais, somente as cargas elétricas de natureza negativas são aptas a mover-se. [...] os verdadeiros portadores de cargas nos metais são os **elétrons livres** (Resnick, 1984, p. 3)

Figura 8 – Protótipo da balança de torção de Cavendish



Fonte: JUNIOR, 2009, p. 31.

Se as esferas *a* e *b* estão carregadas, a força elétrica atuante na esfera *a* tenderá a torcer o fio de suspensão. Coulomb cancelou este efeito girando o cabeçote de suspensão de um ângulo conveniente  $\theta$ , de modo a manter as duas cargas separadas de uma distância conveniente para a experiência. O ângulo  $\theta$  serviu, então, de uma medida relativa da força que atuava sobre a carga *a* (RESNICK, 1984, p. 4).

Em seus resultados iniciais, numa faceta experimental, chegou-se à conclusão que:

$$F \propto \frac{1}{r^2} \quad (1)$$

em que *F* indica a intensidade da força elétrica atuante nas cargas elétricas das esferas *a* e *b*, e *r* seria o raio entre seus centros. De acordo com os pressupostos da mecânica clássica, essas forças atuam em sentidos opostos, cuja direção é radial ao centro da esfera, nisso, a intensidade da força é igual em cada carga, mesmo que elas tenham valores diferentes.

A intensidade da força elétrica resulta da proporcionalidade dos produtos das cargas existentes nas esferas *a* e *b*. Segundo Resnick (1984, p. 4), “embora Coulomb não tenha provado esse resultado rigorosamente, ele sugeriu-o e, assim, chegamos a expressão”:

$$F \propto \frac{q_1 q_2}{r^2} \quad (2)$$

A equação (2) pode ser escrita na forma de uma igualdade, realizando a introdução da constante de proporcionalidade. Com isso, iremos representá-la por  $\frac{1}{4\pi\epsilon_0}$  (a constante  $\epsilon_0$  conhecida como permissividade do vácuo tem o valor  $\epsilon_0 = 8,85 \times 10^{-12} \text{ C}^2/\text{N}\cdot\text{m}^2$ )

$$F = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{q_1 q_2}{r^2} \mathbf{r} \quad (3)$$

onde  $\mathbf{r}$  é um vetor unitário na direção da reta que liga as duas partículas (como qualquer vetor unitário  $\mathbf{r}$  tem módulo 1 e é adimensional e sua função é indicar uma orientação do espaço) (RESNICK, 2009, p. 6).

Desse modo, a lei de Coulomb fica estabelecida da seguinte forma: o módulo da força elétrica entre duas cargas puntiformes é diretamente proporcional ao produto das cargas e inversamente proporcional ao quadrado da distância entre elas.

Perante isso, ela se torna válida apenas para corpos carregados, de dimensões muito menores que a distância entre eles, ou seja,

[...] é válida até mesmo no interior dos átomos, onde descreve corretamente a força de atração entre o núcleo positivo e os elétrons negativos, enquanto a mecânica newtoniana deixa de ser válida nesse contexto e deve ser substituída pela mecânica quântica. A lei de Coulomb também explica corretamente as forças que unem os átomos para formar moléculas e as forças que unem os átomos e moléculas para formar sólidos e líquidos (RESNICK, 2009, p. 6).

No Sistema Internacional de Unidades (SI) a unidade de carga é o Coulomb. Por motivos empíricos, a unidade de carga elétrica deriva no SI da unidade de **corrente elétrica**, o ampère, que representa as cargas em movimento.

Mesmo que a corrente elétrica seja caracterizada pelo movimento das partículas, nem todas as partículas estarão de fato em movimento. Com isso, é necessário existir um fluxo líquido de cargas elétrica através de uma dada superfície.

Para tal consideremos um circuito fechado feito exclusivamente de material condutor, como ilustra a Figura 9. Mesmo que este esteja preenchido por cargas elétricas, todos os pontos estarão com o mesmo potencial. Sendo assim, não será estabelecido um campo elétrico, conseqüentemente as cargas não estarão sujeitas à força elétrica, e assim, não haverá corrente elétrica.

Figura 9 – Ilustração de um circuito fechado com fio de cobre em equilíbrio eletrostático. O fio inteiro está ao mesmo potencial e o campo elétrico é zero em todos os pontos do fio.



Fonte: Elaboração própria

Mas o que seria campo elétrico? E o potencial elétrico, e diferença de potencial? A compreensão dessas grandezas torna-se essencial para entender o movimento da carga elétrica em um material condutor carregado.

Para introduzirmos esses conceitos, podemos pensar nas cargas como “fontes” do campo elétrico, que é “sentido” por uma carga de prova através da força elétrica. O campo elétrico representa a força, por unidade, de carga, atuando sobre a carga de prova, na posição onde está colocada. No SI a unidade de medida é N/C e pode ser descrita matematicamente através da equação:

$$E = \frac{F}{q} \quad (4)$$

A esse respeito, Nussenzveig (1997, p. 15) afirma

[...]a ideia básica é que uma distribuição de cargas no espaço vazio (vácuo) afeta todos os pontos do espaço, produzindo em cada um deles um valor de campo elétrico, e a carga de prova revela a existência deste campo pela força nela exercida (NUSSENZVEIG, 1997, p. 15).

O campo elétrico nas proximidades de um corpo carregado pode ser expresso não somente em termos de intensidade de campo elétrico, mas também por uma grandeza escalar denominada de **potencial elétrico**. Ele é a energia potencial por unidade de carga, sendo no SI  $J/C = V$ . Por definição, o potencial elétrico  $V$ , em qualquer ponto de um campo elétrico, é a energia potencial  $U$  por unidade de carga associada a uma carga de teste  $q_0$  nesse ponto:

$$V = \frac{U}{q_0} \quad (5)$$

Todavia o conceito de potencial elétrico depende da energia potencial elétrica, dessa forma, necessita-se examinar o seu papel. Para isso, consideremos a situação quando uma força  $F$  atua sobre uma partícula para levar de um ponto  $a$  até o ponto  $b$ , o trabalho  $w_{a \rightarrow b}$  realizado é dado pela integral de linha expressada abaixo:

$$w_{a \rightarrow b} = \int_a^b F \cdot dl = \int_a^b F \cos \theta dl \quad (6)$$

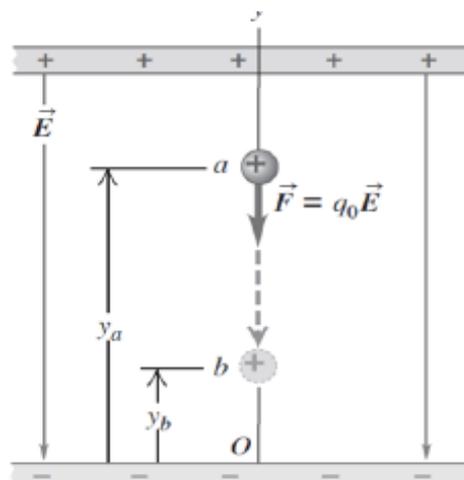
em que  $dl$  é um deslocamento infinitesimal ao longo do caminho da partícula e  $\theta$  é o ângulo entre  $F$  e  $dl$  em cada ponto do caminho.

Se a força  $F$  for de natureza conservativa, o trabalho realizado por  $F$  pode ser expresso em função da **energia potencial elétrica**  $U$ . Sempre que uma partícula se move de um ponto cuja energia potencial é dada por  $U_a$  até um ponto na qual a energia potencial é  $U_b$ , a variação de energia potencial é dada por  $\Delta U = U_b - U_a$ , e o trabalho é dado por:

$$w_{a \rightarrow b} = U_a - U_b = - (U_b - U_a) = -\Delta U \quad (7)$$

Agora se considerarmos que uma partícula elétrica<sup>7</sup> esteja na condição de movimentação entre duas placas metálicas paralelas carregadas, onde é produzido um campo elétrico uniforme direcionado de cima para baixo, como mostra a Figura 10 abaixo:

Figura 10 - Campo elétrico uniforme entre duas placas carregadas.



Fonte: YOUNG, 2009, p. 72

<sup>7</sup> A partícula representada na figura 5 trata-se apenas de um modelo de representação, evidenciando que em nenhum momento o autor deseja configurar a carga elétrica de forma circular ou esférica.

O campo elétrico exerce uma força direcionada de cima para baixo com módulo  $F = q_0 E$  sobre uma carga de teste positiva  $q_0$ . À proporção que a carga se movimenta entre as placas, a força elétrica é constante e não depende da localização da carga. Logo, o deslocamento realizado pela carga elétrica é na mesma direção e sentido<sup>8</sup> da força, como vemos abaixo, que:

$$w_{a \rightarrow b} = Fd = q_0 E d \quad (8)$$

A força exercida sobre  $q_0$  pelo campo elétrico uniforme é conservativa. De modo que, o trabalho realizado pelo campo elétrico é independente da trajetória desenvolvida para ir do ponto  $a$  ao  $b$ , sendo representado pela relação que segue:

$$F = q_0 E = -q_0 E_j \quad (9)$$

Relacionando a equação (9) com a equação (6) temos:

$$w_{a \rightarrow b} = \int_a^b F \cdot dl = -q_0 E \int_a^b j \cdot dl \quad (10)$$

Resultando

$$w_{a \rightarrow b} = -q_0 E \int_{y_a}^{y_b} dy \quad (11)$$

Resolvendo a integral da equação (11) obtém-se

$$w_{a \rightarrow b} = -q_0 E (y_b - y_a) \quad (12)$$

Por definição, a energia potencial para a força elétrica  $F_y = qEy$  é dada por

$$U = qEy \quad (13)$$

Logo

---

<sup>8</sup> Na situação de contexto, consideremos que a carga realiza movimento apenas na componente  $y$ .

$$w_{a \rightarrow b} = -(U_b - U_a) = -\Delta U \quad (14)$$

Se considerarmos a equação (13) e multiplicarmos  $\frac{1}{q_0}$  em ambos os lados da equação teremos:

$$\frac{w_{a \rightarrow b}}{q_0} = -\frac{\Delta U}{q_0} \quad (15)$$

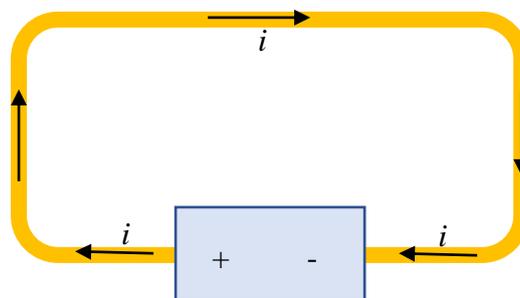
Relacionando a equação (14) com a equação (5) temos

$$\frac{w_{a \rightarrow b}}{q_0} = -(V_a - V_b) = V_{ab} \quad (16)$$

Logo a equação (16) propõe que  $V_{ab}$ , o potencial de  $a$  em relação ao potencial  $b$  é igual ao trabalho realizado pela força elétrica, quando uma carga unitária se desloca de  $a$  até  $b$  (YOUNG, 2009, p. 78).

Isso acontecerá se introduzirmos uma bateria no circuito, fazendo com que o potencial não permaneça igual em todos pontos. O campo elétrico é criado na parte interna do material e atua uma força de natureza elétrica sobre os elétrons de condução, que os fazem se mover preferencialmente em um sentido, gerando uma corrente elétrica, como mostra a figura 11.

Figura 11 – Ilustração do sentido convencional da corrente elétrica estabelecida em um circuito submetido a uma diferença de potencial.



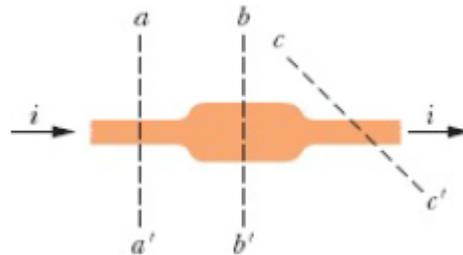
Fonte: Elaboração própria.

Depois de um certo momento, o movimento dos elétrons alcança um valor contínuo e o mesmo entra em um regime estacionário.

Se um contingente infinitesimal de carga  $dq$  atravessa uma superfície fictícia (como  $aa'$  da figura 12) em um intervalo de tempo  $dt$ , a corrente elétrica nessa superfície é definida como

$$i = \frac{dq}{dt} \quad (17)$$

Figura 12- A corrente é a mesma em qualquer seção

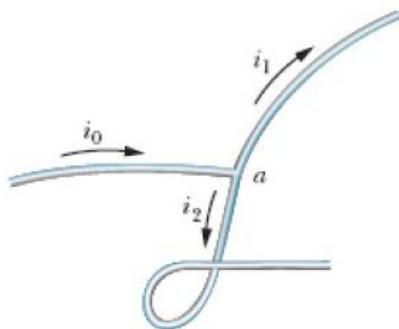


Fonte: RESNICK, 2009, p.141

No regime estacionário, a corrente é a mesma nos planos  $aa'$ ,  $bb'$  e  $cc'$  e em qualquer outro plano que intercepte totalmente o condutor, seja qual for a localização ou orientação desse plano. Isso é uma consequência do fato de que a carga é conservada. No regime estacionário, para cada elétron que passa pelo plano  $cc'$ , um elétron deve passar pelo plano  $aa'$  (RESNICK, 2009, p.142).

Sabe-se que a carga elétrica é conservada, se a corrente elétrica encontrar uma bifurcação (comumente conhecida como nó), a soma das correntes nos dois ramos é igual a corrente inicial, como representado na Figura 13.

Figura 13 - A relação da equação 18 é verdadeira para a junção a qualquer que seja a orientação dos três fios no espaço. A corrente não é uma grandeza vetorial, e sim escalar.



Fonte: RESNICK, 2009, p. 142

Matematicamente essa corrente elétrica pode ser expressa da seguinte forma:

$$i_0 = i_1 + i_2 \quad (18)$$

“A seta da corrente é desenhada no sentido em que os portadores de cargas positivos se moveriam, mesmo que os portadores sejam negativos e se movam no sentido oposto” (RESNICK, 2009, p.142).

#### 2.4 - EXPLICANDO O FENÔMENO EM TERMOS ATUAIS

A pilha Voltaica recebeu esta denominação porque os discos de cobre (Cu), feltro e zinco (Zn) eram colocados uns sobre os outros, formando um empilhamento. Mas como compreender esse fenômeno em termos atuais? Como surge a corrente elétrica? Como se dá a reação química?

Para compreender essas questões consideremos uma célula formada por 10 discos de cobre e zinco, de modo que estejam empilhados e separados por um disco de feltro embebido anteriormente em uma salmoura<sup>9</sup>. Tal aparelhamento provocará uma diferença de potencial entre os metais de, aproximadamente, 2,7 volts.

Essa diferença de potencial se concretiza graças aos metais reagirem com o feltro que foi embebido em salmoura. É sabido que os metais não tem a mesma facilidade de doar íons e o cobre libera menos íons que o zinco, portanto, o cobre ficará com o potencial mais alto que o zinco, embora ambos tenham um potencial menor que o feltro embebido na salmoura.

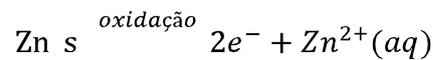
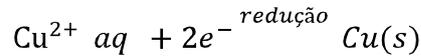
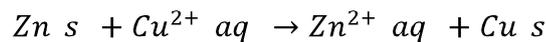
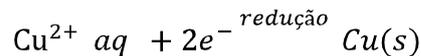
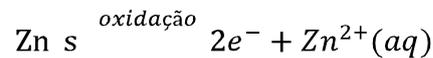
Como o zinco dispõe de mais elétrons que o cobre, quando eles estão empilhados segundo o arranjo experimental proposto, haverá uma transição de elétrons do zinco para o cobre, fomentando uma corrente elétrica.

Semelhante ao que foi proposto por Germano (2012), a liberação de íons de zinco não continuará perpetuamente, uma vez que as cargas positivas que contornam qualquer um dos discos atingem um valor limite, e qualquer novo íon liberado no feltro é repellido pela carga positiva, retornando ao zinco e unindo-se a dois elétrons na forma de um átomo neutro.

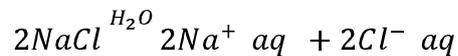
Mas como manter tal diferença de potencial por um intervalo de tempo suficiente para manter aceso, por exemplo, um LED? Para isso, deve-se considerar a seguinte reação química:

---

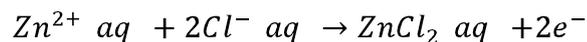
<sup>9</sup> Consideremos que tal salmoura não é constituída de água pura, uma vez que o processo não dispõem de íons que provocam a reação química, não será possível manter a diferença de potencial entre os terminais da pilha.

**Ânodo ou polo negativo da pilha****Cátodo ou polo positivo da pilha****Reação global da pilha**

Na salmoura se produz íons de sódio mais íons de cloro, como podemos observar na equação abaixo:

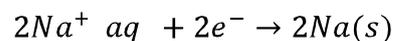


Os íons de cloro migram para o zinco e reage com ele, formando-se cloreto de zinco, conforme mostra a equação seguinte:



Como se observa, essa reação química é a fonte de elétrons para o zinco, que consequentemente, estabelece uma corrente elétrica para qualquer circuito externo.

Já os íons de sódio,  $\text{Na}^{+}$ , migram para o disco de cobre, que recebe um elétron e se transforma em um átomo de sódio neutro, segundo a equação:



Uma vez que a pilha esteja em pleno funcionamento, o zinco será consumido paulatinamente, transformando-se em cloreto de zinco. Assim, podemos garantir que a energia elétrica fornecida advém do processo químico de oxidação do zinco.

Certamente, para manter a pilha em pleno funcionamento, convém realizar a troca dos discos de zinco que, por sua vez, tem comportamento diferente do disco de cobre, que não sofrerá nenhuma alteração relevante.

Portanto, conclui-se que a Física ainda não explica a pilha Voltaica, uma vez que o fenômeno investigado traz questões acerca da reação de oxiredução, que é de natureza química.

### **3 – DESCRIÇÃO METODOLÓGICA**

#### **3.1. SOBRE A PESQUISA**

Nesta pesquisa, optou-se por um procedimento metodológico de natureza qualitativa, em que contemplamos um estudo com ênfase teórica e empírica. Para Merriam (1988, apud RIBEIRO, 2007, p. 216) “nas metodologias qualitativas, os sujeitos não são reduzidos a simples valores numéricos mas encarados num determinado contexto natural”.

No tocante ao âmbito teórico da pesquisa, abrangemos um estudo histórico e conceitual da temática e a elaboração de um Produto Educacional.

Como estudo histórico e conceitual, desenvolvemos um texto embasado em fontes secundárias. Também procuramos considerar o laboratório problematizador apontado por Rosa e Rosa (2012), explorando tanto suas dificuldades para implementação em sala de aula, quanto suas características, que, posteriormente, ajudariam na construção da nossa sequência didática. Mais adiante, abordamos os pressupostos historiográficos da História da Ciência com intenção de evitar distorções (SOUZA, 2014) e o processo construção que a ciência está sujeita, através do episódio histórico da pilha Voltaica.

Já para a construção do Produto Educacional consideramos os estudos teóricos para a construção do material didático e os mecanismos para implementação do mesmo em sala de aula.

A parte empírica da pesquisa compreende a aplicação do Produto Educacional, através de intervenções que foram realizadas entre os dias 20 de novembro e 05 de dezembro de 2018, numa turma de 3º ano do Ensino Médio de uma escola pública do município de Itatuba – PB.

Para isso os registros foram coletados pelo pesquisador deste trabalho através de gravações de áudio, fotografias e notas escritas pelos estudantes, a fim de que pudéssemos apresentar a descrição das intervenções, bem como sua análise.

#### **3.2. SOBRE O PRODUTO EDUCACIONAL**

O nosso Produto Educacional foi desenvolvido com o formato de uma sequência didática, que tem a finalidade de abordar o episódio histórico da pilha Voltaica.

Cabe destacar, que a escolha do tema foi em virtude de alguns fatores: a relevância desse episódio histórico na sociedade, a utilidade da pilha na sociedade contemporânea e a

possibilidade de um estudo que realizasse a transição da eletrostática para eletrodinâmica por um viés construtivista.

A sequência didática foi confeccionada a partir de algumas reflexões teóricas sobre o que ela representa, conforme descrito no tópico que segue e sua estrutura encontra-se apresentada no tópico subsequente.

### **3.2.1 - Sequencia didática: algumas considerações**

Desde a década de 70 e 80 a Sequência Didática (SD) tem sido objeto de estudo de pesquisadores educacionais e tem ocupado um papel importante como instrumento metodológico, para que as metas educacionais sejam alcançadas (GIORDAN, GUIMARÃES E MASSI, 2011).

Segundo Nascimento et al (2009), o foco principal dos trabalhos analisados era o produto final do processo de aprendizagem, não propriamente o processo de aplicação da SD. Diante desse cenário, investigações direcionadas nessa linha configuram-se uma oportunidade ímpar de preenchimento dessa lacuna, existente entre pesquisa em ensino e a sala de aula, aproximando a relação efetiva entre pesquisador e professor ou pesquisa e prática.

Mas quais os elementos que compõem a SD? Qual o seu objetivo? Como acontece sua sistematização? Que variáveis metodológicas devem ser consideradas? Esses questionamentos evidenciam toda a importância dessa ferramenta pedagógica e o conhecimento necessário para se fazer uso de tal instrumento.

A SD é constituída por várias atividades articuladas, como questionamentos, procedimentos e ações que os estudantes tomarão com a devida mediação do docente. A esse respeito, Zabala (1998, p.18) afirma que é “um conjunto de atividades ordenadas, estruturadas e articuladas para a realização de certos objetivos educacionais, que têm um princípio e um fim conhecidos tanto pelos professores como pelos alunos”.

De forma geral, as ações que irão ser tomadas através da SD tem o intuito de aprofundar, sistematizar e contextualizar o conteúdo que irá ser objeto de estudo, tendo como característica diferentes abordagens de ensino, como: o modelo tradicional (com a sequência: exposição, manual, prova, qualificação), método por projetos (com a sequência: escolha do conteúdo, planejamento, pesquisa e processamento da informação, índice, dossiê de síntese, avaliação), método construtivista (atividades exploratórias, atividades de sistematização e atividades avaliativas), entre outros.

Uma tendência de pesquisa acerca da SD é aquela apresentada por Zabala (1998, p. 17), ao afirmar que a SD “tem que desempenhar uma prática processual, em que estão estreitamente ligados o planejamento, a aplicação e a avaliação”.

Entendemos que o planejamento tem um fim de submeter uma tal realidade a um plano, configurando-se um processo de tomada, execução e teste de decisões, decisões essas que estão concretizadas em um plano. Podemos mostrar que é uma intervenção deliberada e racional no processo de ensino, que implica numa seleção adequada de objetivos e estratégias (GOLDBERG, 1973).

Mas o planejamento é também um instrumento de natureza executória. Uma vez estabelecidas as metas e estratégias numa SD, a etapa seguinte remete à execução da mesma. Esse momento estampará as ações outrora definida que, por sua vez, irão produzir resultados.

Sobre isso, Goldberg (1973, p. 65) estabelece que:

Na medida em que a unidade do processo de planejamento educacional é garantida pelo plano, testar a racionalidade daquele é procurar determinar a racionalidade das decisões que geraram o plano e das ações que ele produziu (GOLDBERG, 1973, p. 65).

Ainda sobre esse assunto, Zabala (1998, p. 17) afirma que essa articulação

[...] é uma parte inseparável da atuação docente, a própria intervenção pedagógica, nunca pode ser entendida sem uma análise que leve em conta as intensões, as previsões, as expectativas e avaliação dos resultados (ZABALA, 1998, p. 17).

Certo é que uma SD bem sistematizada tem a finalidade de proporcionar ao estudante a ideia do que irá estudar, para que irá ser útil esse estudo e que consequência ele terá, oferecendo ao mesmo possibilidades viáveis para a construção do conhecimento científico, atendendo à necessidade de forma eficaz e se opondo a imagem muitas vezes formada, que seria uma sucessão de aulas, tarefas e provas, referentes a informações esparsas, isoladas ou estanques (GIORDAN; GUIMARÃES; MASSI, 2011).

Mas, mesmo que nas intervenções em sala de aula estejam presentes todas as variáveis metodológicas que configuram a prática pedagógica, se faz necessário analisá-las para compreender tal ferramenta em toda sua dimensão. Para isso consideremos as proposições de Zabala (1998) no quadro 1, por aproximar-se mais desse trabalho de pesquisa

<b>Variáveis metodológicas da intervenção na aula</b>	<b>Linhas gerais</b>
Sequência de atividades de ensino/aprendizagem	É a forma de desenvolver e articular as práticas no decorrer de uma unidade temática. As SD podem apresentar o papel que cada atividade tem no processo de construção do conhecimento científico, dessa forma, avaliar as pertinências de cada uma delas, a ausência de outras ou a ênfase que devemos dar. Essa pode ser executada através de aulas expositivas, por descobrimentos, por projetos, entre outros.
O papel dos professores e alunos	Está intimamente relacionado a relação professor e alunos ou alunos e alunos, sendo esse vínculo não estabelecido de forma maternal ou paternal, mas de forma que esteja voltada a alcançar os objetivos e conteúdos da aula. As relações e situações comunicativas podem acontecer de maneira diretiva, participativa, cooperativas.
Organização social da aula	É a forma de estruturar os diferentes alunos e a dinâmica grupal que se estabelecem, contribuindo de forma determinada para o trabalho coletivo e pessoal e sua formação. Podem ser constituídos de grande grupo, equipes fixas, grupos móveis.
Utilização dos espaços e do tempo	Tem característica de estabelecer um espaço mais ou menos rígido e as questões temporais intactas podendo sofrer se necessário alguma adaptação. Podendo ser organizado por cantos, oficinas, aulas por área.
Organização dos conteúdos	Seguindo uma sequência direcionada pela própria estrutura da disciplina, interdisciplinar ou globalizante.
Materiais Curriculares	Apresentam uma relevância nas diferentes

	formas de intervenção, nos variados instrumentos para comunicação da informação, para ajuda nas exposições, para propor atividades, para a experimentação, para elaboração do conhecimento e a aplicação.
Procedimento para avaliação	É a peça-chave para determinar as características de qualquer metodologia, no sentido mais restrito, é controle dos resultados do aprendizado obtido.

Fonte: ZABALA, 1988, p. 13 – 25.

No processo de sistematização de uma SD, o professor poderá inserir diversas atividades de acordo com a viabilidade dos objetivos traçados. Nesse sentido, consideramos pelo menos três modalidades de atividades que permitam uma diversidade de ações em sala de aula, alcançando de fato aprendizado dos estudantes: atividades de cunho exploratórias, organizadora do conhecimento e atividades avaliativas (BRASIL, 2012).

As atividades exploratórias desempenham um papel de extremo destaque, uma vez que possibilitam novos conceitos, novas maneiras de entender algo, etc, com base nas atividades exploratórias ou condições viáveis para levantamento das concepções espontâneas dos estudantes. Esse momento tem a finalidade de propiciar um distanciamento crítico do aluno ao se defrontar com as interpretações das situações propostas para discussão (MUENCHEN; DELIZOICOV, 2014).

Portanto, essa modalidade inicial requer que o estudante levante hipóteses, explore seus conhecimentos prévios e solucione os impasses, contribuindo

[...] para que os conhecimentos em fase de construção sejam consolidados e outras aquisições sejam possíveis progressivamente, pois a organização dessas atividades prevê uma progressão modular, a partir do levantamento dos conhecimentos que os alunos já possuem (BRASIL, 2012, p.21).

Na organização do conhecimento, as atividades são voltadas para aperfeiçoamento dos saberes a serem produzidos. Segundo Roegiers (2004, apud Brasil, 2012, p. 22), “visam sistematizar diferentes saberes pontuais que são abordados nas atividades de exploração, como fixar noções e estruturar aquisições”, sob orientação do professor.

Acerca disso, Delizoicov (2001, p. 138) afirma que

As mais variadas atividades são empregadas neste momento de modo que o professor possa desenvolver a conceituação física identificada como fundamental para uma compreensão científica das situações que estão sendo problematizadas (DELIZOICOV, 2001, p.138).

Na SD essas atividades podem ser propostas das mais diversas formas, como: exposição, formulação de questões, textos para discussões, trabalho extraclasse, revisão e destaque dos aspectos fundamentais, experiências (MUENCHEN; DELIZOICOV, 2014).

Na medida que o planejamento estabelecido seja garantido pela SD, averiguar se de fato as decisões que geraram as ações que ele produziu resultaram em algo eficiente e eficaz. É desse modo que a avaliação desempenha seu papel, sendo o momento de “coletar, analisar e interpretar evidências relativas à eficácia e eficiência do objeto de estudo” (GOLDBERD, 1973, p. 65).

Os autores Delizoicov e Angotti (1990a, p. 31, apud MUENCHEN, DELIZOICOV, 2014, p. 624) ainda enfatizam que esse momento:

Destina-se, sobretudo, a abordar sistematicamente o conhecimento que vem sendo incorporado pelo aluno, para analisar e interpretar tanto as situações iniciais que determinaram o seu estudo, como outras situações que não estejam diretamente ligadas ao motivo inicial, mas que são explicadas pelo mesmo conhecimento. (DELIZOICOV e ANGOTTI 1990a, p. 31, apud MUENCHEN e DELIZOICOV, 2014, p. 624)

Pode-se afirmar que de forma consensual pesquisadores indicam o uso da SD e propõem que a mesma siga uma sequência lógica, ou seja, seguindo uma conexão em todas as fases da sua proposta, auxiliando os professores em sua prática docente, tendo como produto maior o favorecimento do aprendizado do alunado. De forma geral, independente da sua abordagem, a SD é a evidência mais notória que determina as características diferenciais da prática educativa (ZABALA, 1998).

### **3.2.2. Sequência didática elaborada**

Diante do exposto e do que pretendemos como resultado de proposta educacional, apresentamos no quadro 2 uma síntese da sequência didática elaborada, em que utilizamos para a sua confecção os pressupostos teóricos acima descritos, em que de início faz-se uma problematização do tema em estudo, por meio de atividades exploratórias, seguidas de uma organização do conhecimento científico ou sistematização do conhecimento e por fim, uma aplicação de atividade com fins avaliativo.

Encontro aula	Tema conteúdos	Objetivos	Sequência de Atividades
1° encontro  2 Aulas	<u>O papel da pilha</u>  <ul style="list-style-type: none"> <li>• Condutores e isolantes;</li> <li>• Circuito elétrico;</li> <li>• Pilha.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Perceber a importância da pilha no nosso cotidiano;</li> <li>• Compreender a distinção da eletricidade estática e a eletrodinâmica;</li> <li>• Diferenciar um material condutor de um isolante;</li> <li>• Fazer a relação da pilha convencional com outros aparatos na natureza;</li> <li>• Identificar os materiais constituintes da pilha voltaica.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Contextualização inicial sobre a eletricidade, elencando os princípios fundamentais para o funcionamento de materiais como celulares, lanternas, etc.;</li> <li>• Debates dos grupos para solução de alguns questionamentos;</li> <li>• Atividade avaliativa concernente ao que havia discutido no percurso da aula.</li> </ul>
2° encontro  2 Aulas	<u>Experimento histórico da pilha Voltaica</u>  <ul style="list-style-type: none"> <li>• Pilha Voltaica;</li> <li>• Corrente elétrica.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Fazer um protótipo da pilha desenvolvida por Alessandro Volta;</li> <li>• Entender a necessidade de formulação de hipóteses para construir o conhecimento científico;</li> <li>• Entender que o processo de construção da ciência é influenciado e influencia o meio;</li> <li>• Compreender a necessidade de dois materiais de natureza diferentes para a formação da pilha;</li> <li>• Perceber a indispensabilidade de uma substância salina para o funcionamento da pilha;</li> <li>• Identificar a necessidade do circuito fechado para o estabelecimento de corrente elétrica.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Entrega do kit experimental aos estudantes;</li> <li>• Nortear os estudantes através de questões-chaves para desenvolvimento da pilha voltaica;</li> <li>• Apresentação das ponderações de cada grupo vigente ao experimento executado;</li> <li>• Diálogo com o grande grupo para unificação das ideias levantadas.</li> </ul>
3° encontro	<u>Contexto histórico da pilha de Volta</u>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Compreender o estabelecimento da identidade galvanismo e eletricidade;</li> <li>• Conhecer a biografia de Alessandro Volta e o</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Exposição do vídeo “Videoteca – História da Ciência”;</li> <li>• Leitura da biografia de Volta e a tradução de seu relato da construção da</li> </ul>

2 Aulas	<ul style="list-style-type: none"><li>• Pilha. Voltaica</li></ul>	processo de construção histórico da pilha; <ul style="list-style-type: none"><li>• Identificar possíveis equívocos do modelo de Galvani;</li><li>• Diferenciar o modelo de fluido elétrico proposto no século XVIII e o de corrente elétrica do século atual.</li></ul>	pilha; <ul style="list-style-type: none"><li>• Debate alusivo as informações presentes no vídeo e nos textos;</li><li>• Atividade avaliativa, a fim de averiguar o conhecimento durante o processo.</li></ul>
---------	---	---	---

#### 4 - DESCRIÇÃO DAS INTERVENÇÕES

Narraremos neste capítulo o resultado da aplicação do produto educacional numa turma de Terceiro Ano do Ensino Médio da Escola Estadual de Ensino Fundamental e Médio José Rodrigues de Ataíde localizada na cidade de Itatuba – PB, entre os dias 20/11/2018 e 05/12/2018, em que apresentamos aspectos positivos e negativos das intervenções realizadas.

##### **Encontro 1 – Problematização acerca da relevância da pilha no nosso cotidiano (20/11/2018 – Duas aulas realizadas seguidamente de 45 minutos cada)**

**Tema** – O papel da pilha

**Objetivo** - Compreender a transição da eletrostática para a eletrodinâmica através da pilha e os materiais que a constituem, tal como a importância deste dispositivo no nosso cotidiano.

Iniciamos nosso encontro com uma breve exposição de imagens de objetos (lanterna, celular e controlador remoto) que são tão utilizados no nosso cotidiano, todavia não paramos para analisar a dinâmica de seu funcionamento. Após essa apresentação, foi entregue a cada aluno uma folha de papel ofício A4 em branco e solicitado que os mesmos se reunissem em grupo<sup>10</sup> para discutirem o seguinte questionamento: *qual é o dispositivo responsável pelo o funcionamento desses três equipamentos eletrônicos?*

Os estudantes foram unânimes, afirmando que esse dispositivo seria a pilha e/ou bateria. Vale destacar que as **equipes 1, 2 e 3** tentaram apresentar características destes dispositivos, embora muito fragmentada, como mostra a seguir:

**Equipe 1:** *“o objeto responsável pelo funcionamento destes equipamentos é a pilha e/ou bateria, pois armazena a energia necessária para o seu funcionamento”;*

**Equipe 2:** *“pilhas e baterias. Pois ambos têm cargas elétricas de polo positivo e negativo”;*

**Equipe 3:** *“pilhas que é uma única fonte de energia e baterias um aglomerado de pilhas”.*

Nas discussões grupais foi escolhido um representante de cada grupo para expor diante de toda turma as ideias em comum. A priori percebia-se resistência por parte de alguns

---

<sup>10</sup> Para uma melhor dinâmica de funcionamento o professor e pesquisador deste trabalho havia já realizado a divisão dos grupos de 4 estudantes. O que totalizou 5 grupos

estudantes a participação, alegando timidez e receio de julgamento, em caso de expressão de suas ideias contrárias às concepções atualmente aceita pela comunidade científica. Nesse momento o professor teve que estimulá-los à execução da atividade, e paulatinamente os estudantes expressavam suas convicções.

Continuando com o momento de sondagem, o professor questiona: *sem a utilização da pilha existiria condições para que esses equipamentos funcionassem? Por que vocês acreditam nessa condição?*

Após um período de debate a maioria das equipes propuseram que as pilhas ou baterias poderiam ser substituídas por outra fonte de energia, com exceção da **equipe 4**, que se posicionou de forma divergente, afirmando que a lanterna, controle remoto e o rádio “*não tem a capacidade de funcionar sem eletricidade das pilhas ou baterias*”.

Nesse momento de sondagem, o professor agiu de modo parcial, instigando a participação dos estudantes, sem fornecer solução para os questionamentos realizados. Vale destacar que esse momento torna-se importantíssimo, uma vez que permite aos alunos desenvolverem suas ideias prévias acerca do estudo, tornando-os ativo no processo de ensino.

Para o segundo momento da aula o professor entregou o texto 1 aos estudantes e apresentou uma tirinha com uma série de questionamentos<sup>11</sup>, na intenção de fazer um aprofundamento nas questões que envolvem a pilha e o seu uso.

No decorrer da atividade, no quesito 2 da problemática, é perguntado se há a possibilidade de um led emitir luz com apenas a constituição pilha - led? Consideramos que tal questionamento foi crucial para o debate estabelecido na sala de aula, pois de imediato o estudante **V** questiona “o que seria um led professor?” Nesse momento o professor trouxe uma discussão acerca do led e depois retomou o questionamento realizado anteriormente. O estudante **A** expôs várias hipóteses com relação ao funcionamento do led com a pilha. A empolgação foi tamanha, que alguns alunos comentaram:

*Estudante M: “necessita de fios de cobre”.*

*Estudante L: “agente fez uma pilha caseira assim”*

*Professor: Necessariamente tem que ser um fio de cobre?*

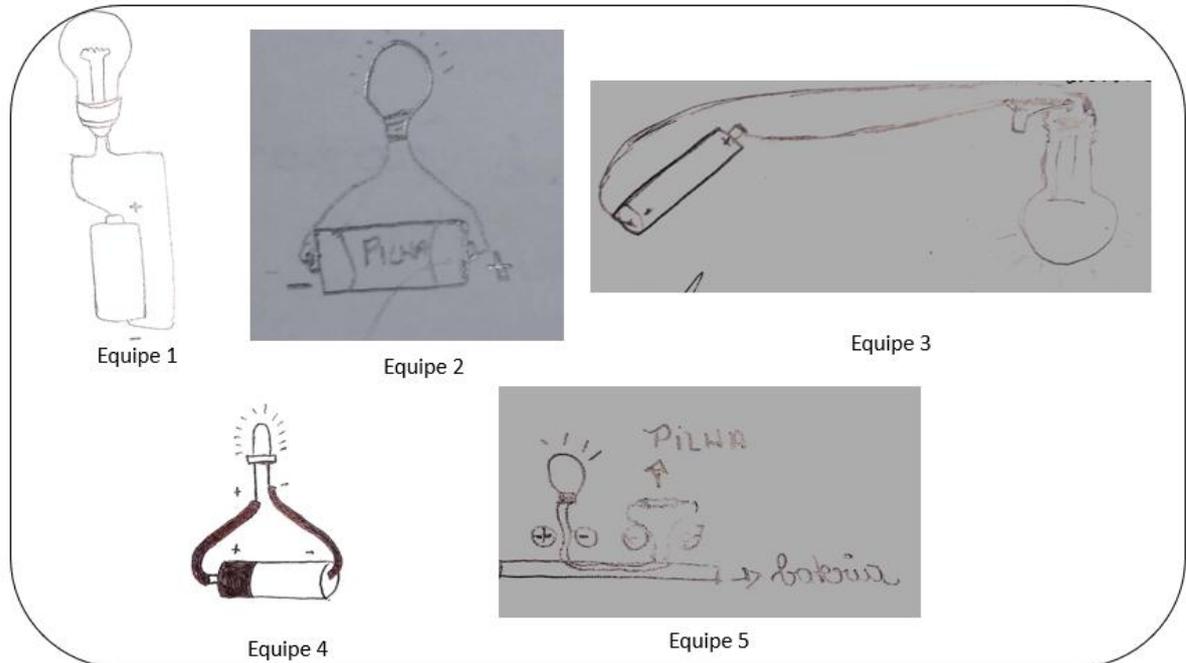
*Equipe 1: “além da pilha e da lâmpada um material que seja bem condutor de energia.  
Ex.:cobre”*

---

<sup>11</sup> Os questionamentos integraram a atividade proposta 2 do produto educacional

Observando a possibilidade de organização do conhecimento e a flexibilidade do planejamento, foi solicitado às equipes que desenvolvessem desenhos os quais representem a constituição do aparato pilha, lâmpada e fios, conforme ilustrado na Figura 14.

Figura 14 – Representação dos aparatos experimentais pilha-lâmpada-fio dos estudantes



Fonte: Fotografia do autor

Após a discussão o professor sugeriu que os estudantes representassem suas concepções para o grande grupo de forma oral e na lousa. A Figura 15 ilustra esse momento de participação dos estudantes.

Figura 15 – Exposição dos estudantes para o grande grupo



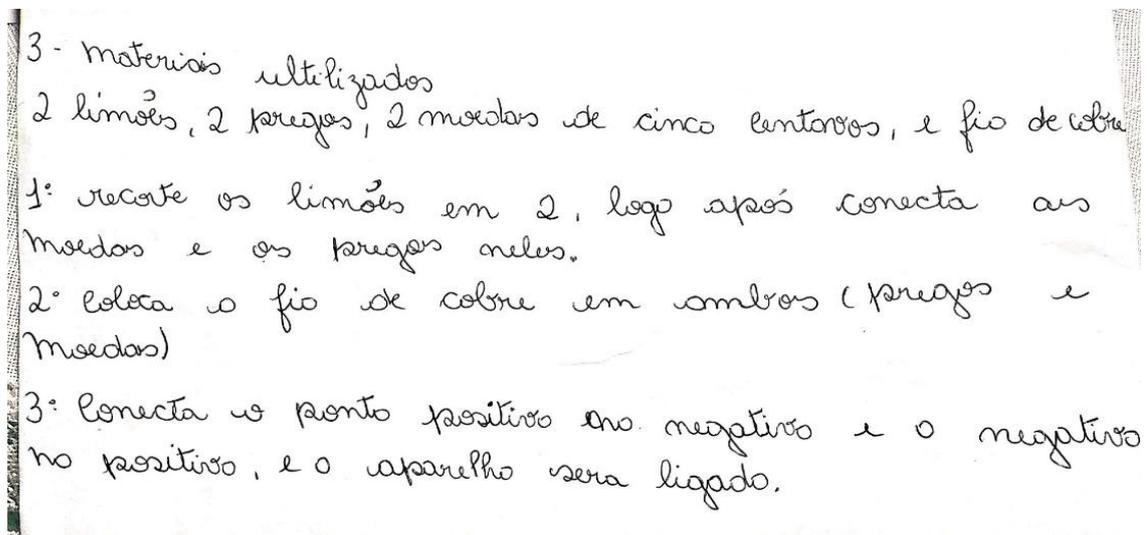
Fonte: Fotografia do autor

Observou-se que a equipe 4 apresentou conceitos de forma organizada dos componentes que envolvem a representação do aparato solicitado, sendo o único a fazer esta composição. Já os demais compreenderam que a pilha tem uma diferença de potencial e precisam dos fios condutores para unir o circuito, todavia a conexão dos fios com o dispositivo receptor, como a lâmpada, estava incoerente.

Para última etapa da aula o professor propôs uma atividade intitulada de “questões para reflexão”, onde os estudantes em equipes teriam o objetivo de levantar hipóteses para a solução do principal impasse: *como poderia fazer uma pilha?* As equipes responderam ao questionamento por meio da escrita e deram ênfase ao uso de materiais de “baixo custo” para a confecção de uma pilha. Os recortes apresentados nas Figuras (16, 17 e 18), ilustram as ideias dos estudantes sobre o questionamento.

### Equipe 2:

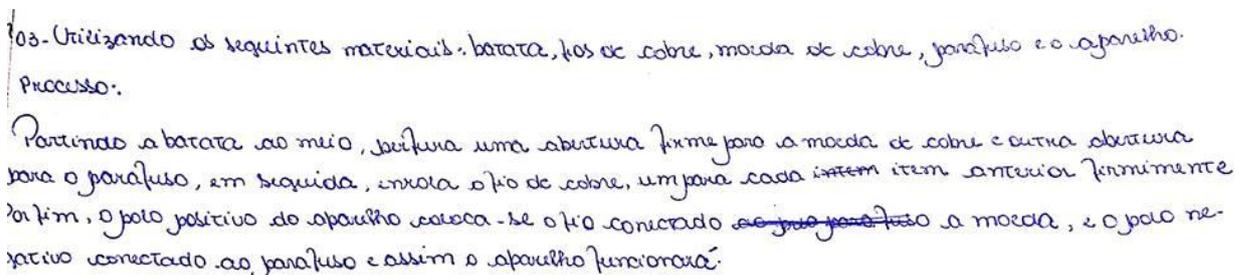
Figura 16 – Exposição da pilha proposta pela equipe 2



Fonte: Fotografia do autor

### Equipe 3:

Figura 17 - Exposição da pilha proposta pela equipe 3



Fonte: Fotografia do autor

**Equipe 5:**

Figura 18 - Exposição da pilha proposta pela equipe 5

03) com vinagre, sal, um pote, limão, papel toalha, moedas de 5 e 10 centavos;  
 Mistura o vinagre, sal e o limão, depois molhe o papel na solução e intercale; moeda de 5 centavos, papel, moeda de 10 centavos e assim sucessivamente.

Fonte: Fotografia do autor

A **equipe 5** nos surpreendeu ao relatar um aparato experimental com algumas semelhanças ao desenvolvido por Alessandro Volta, embora nenhum momento é mencionado seu nome ou seu aparato experimental.

As atividades realizadas nos revelaram que os estudantes tinham conhecimentos prévios acerca da temática, apesar de se disporem de forma desorganizada e desestruturada. A exemplo disso, eles não conseguiam fazer relação dos pares de materiais que constituem o ânodo e o cátodo.

Em contrapartida, identificamos que à medida que apresentávamos as problematizações e proporcionávamos o diálogo acerca da temática abordada, os estudantes participavam das atividades de forma ativa.

**Encontro 2 – Laboratório problematizador da Pilha voltaica (27/11/2018 – Duas aulas realizadas seguidamente de 45 minutos cada)**

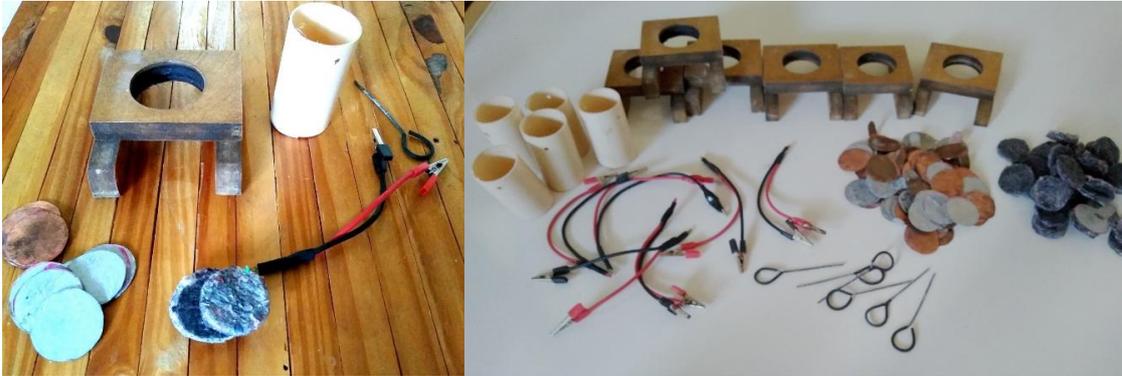
**Tema** – Experimento da pilha

**Objetivo** – Fazer uma pilha semelhante ao desenvolvido por Alessandro Volta, tal como sua dinâmica de funcionamento.

Na aula anterior houve um impasse na disposição do ânodo e cátodo dos aparatos experimentais propostos, uma vez que os estudantes não conseguiram denominar os materiais que poderiam realizar esta função. Em decorrência disso, foi estabelecida uma discussão com o grande grupo para organização conceitual dessa questão, visto que a próxima atividade necessitaria desses conceitos.

Em seguida foi proposta a atividade intitulada “fazendo com as próprias mãos”, em que os estudantes reuniram-se em grupos e foram estimulados a construir uma pilha com os materiais do kit experimental (Figura 19), desenvolvendo-se toda etapa através das perguntas norteadoras presentes no Produto Educacional.

Figura 19 – Kit experimental



Fonte: Fotografia do autor

O professor solicitou aos estudantes que elencassem os nomes dos materiais existentes no kit experimental I (Figura 19). Logo, a **estudante M** questiona: “*esse material é alumínio? Pois o grupo não sabe mencionar*”, já o **estudante A**, bastante motivado com a proposta entrevista, opinando sobre o zinco ser o material em questão. A Figura 20 ilustra o momento em que os alunos exploram e catalogam os materiais contidos no kit experimental.

Figura 20 – Alunos catalogando os materiais do kit experimental



Fonte: Fotografia do autor

Consequente, os estudantes apresentaram os materiais que continha no kit experimental I e deduziram que este tem semelhanças aos que eles citaram na formação de suas pilhas na aula anterior.

Percebe-se que em muitas situações não havia a necessidade da intervenção do professor, uma vez que os próprios estudantes contestavam os demais quando, estes se colocavam de forma equivocada.

Após os alunos explorarem todos os materiais do kit, o professor questionou se seria possível construir uma pilha com aqueles artefatos. Todos os estudantes concordam que havia possibilidade e os mesmos iniciaram suas montagens.

Após algumas tentativas realizadas na construção das pilhas os alunos perceberam que o led não emitia luz, o que provocou inquietação nos mesmos, e deu indício para um novo debate entre alunos e professor. Abaixo apresentamos uma descrição do diálogo ente o professor e os estudantes, sobre o ocorrido.

**Professor:** “o que está faltando?”

**Estudante V:** “tá faltando a batata”

**Estudante E:** “ou o limão”

**Professor:** “E só faz pilha se houver apenas batata e limão?”

**Grande grupo:** “não”

*Estudante V: “se molhasse esse paninho acho que dava certo”.*

*Estudante L: “professor acho que tem como acender uma lâmpada usando sal e água”.*

A partir das diversas hipóteses levantadas, os estudantes despertaram para a utilização de uma solução salina no experimento, e diante disso o professor aproveitou o ocorrido, apresentando aos estudantes a referida solução, o qual foi disposto um recipiente contendo água e sal, e paulatinamente os estudantes se dirigiam ao recipiente para umedecer os círculos de tecido, que estavam dispostos no kit experimental. A Figura 21, ilustra parte desse momento.

Figura 21 - Estudantes umedecendo os círculos de tecido



Fonte: Fotografia do autor

Ao realizar a montagem do aparato experimental os estudantes se depararam com bastante dificuldades para associar o cobre, o zinco e o círculo de tecido umedecido. Percebendo o impasse, o professor questiona se nas extremidades da pilha é possível ter duas moedas de natureza idênticas? Com isso os estudantes J e C se posicionam:

*Estudante J: “tem que ter uma positiva e outra negativa”.*

*Estudante C: “se lembra quando agente fez a pilha caseira e usou um preguinho e a moeda de cobre, então tem que fazer o mesmo uma moeda cobre e outra de zinco e o paninho e vai seguindo”*

Após a inferência desses estudantes, cada equipe fez a montagem do seu aparato, conforme pode ser visto nas ilustrações da Figura 22, e em seguida, após a montagem, foi solicitado que cada equipe apresentasse a disposição do empilhamento, sentido do movimento

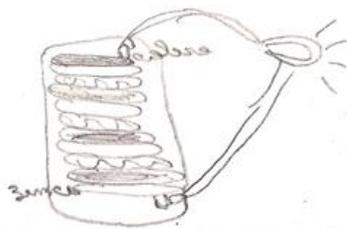
das cargas, em forma de desenho. As ilustrações dos desenhos e as observações das equipes, estão ilustradas na Figura 23

Figura 22 - Estudantes montando o aparato experimental



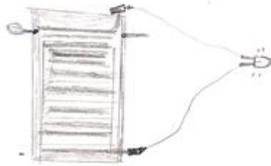
Fonte: Fotografia do autor

Figura 23 - Representação dos desenhos e observações



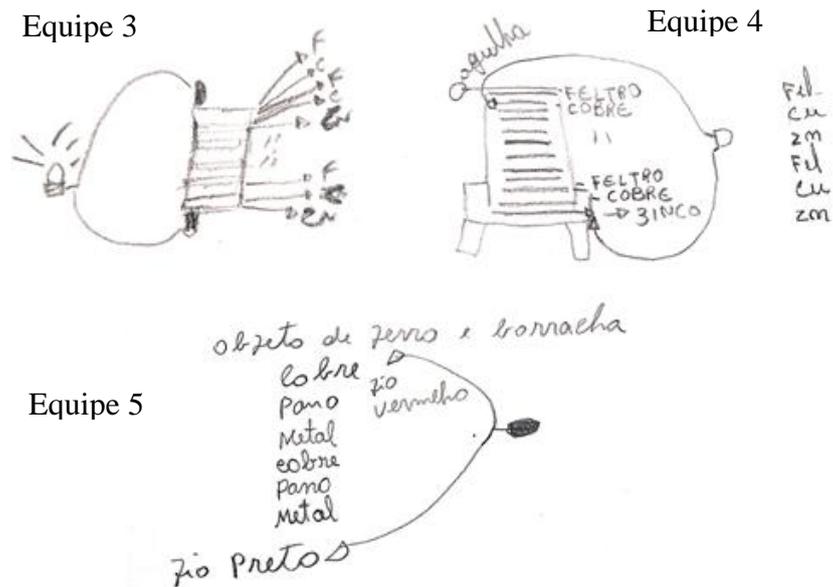
#### Equipe 1

utilizando o caso de pilhas na estrutura, em seguida colocamos uma camada de cobre, uma camada de feltro, uma camada de zinco, e assim sucessivamente, tendo o feltro umidado com água usual.



#### Equipe 2

Bom, primeiramente se utiliza o feltro na água com sal deixando umido, logo após fomos colocando na sequência: zinco, cobre, feltro e assim sucessivamente. Usando por fim o pino de ferro sustentando com a ajuda do como ~~do~~ de unidades de cada material usado em seguida usamos o adaptador, e com isso a luz foi ligada.



Fonte: Fotografia do autor

Apesar de todas as pilhas terem funcionado, nenhuma equipe conseguiu explicar o sentido do movimento das cargas elétricas e apenas a **equipe 1** conseguiu expressar de forma semelhante a pilha proposta por Alessandro Volta. Cabe destacar que esse momento o professor não interferiu na propositura dos estudantes, atuando de forma imparcial e mediador dos embates.

Finalizando a atividade, o professor questionou *quais as consequências se aumentasse ou diminuísse as quantidades de placas de zinco, cobre e pano umedecido?* Todas as equipes afirmaram que a diminuição das placas reduziria o brilho do led e se aumentasse as placas ocorreria o processo inverso, como descrito nos trechos a seguir:

**Equipe 2:** *“se não utilizassem todos as moedas do kit, consequentemente a luz do led ira ficar mais fraca, se aumentar a quantidade de moeda provavelmente ficara mais forte”.*

**Equipe 4:** *“se não utilizamos todas as moedas a quantidade de energia não seria tão grande como a ocorrida, se aumentasse a quantidade a energia aumentaria”*

O professor encerrou a aula solicitando que os estudantes escrevessem os pontos centrais das discussões, uma vez que essa temática seria ponto de estudo novamente.

**Encontro 3 – Organização conceitual através da ferramenta histórica (03/12/2018 – Duas aulas realizadas seguidamente de 45 minutos cada)**

**Tema** – Um pouco da História

**Objetivo** – Reparar possíveis equívocos das pilhas desenvolvidas em aulas anteriores e do modelo de Galvani para reações das rãs quando submetidas a descargas elétricas, através da pilha desenvolvida por Alessandro Volta.

Iniciamos a aula com apresentação de um vídeo intitulado “Videoteca – História da Ciência”, com uma duração de 14min28, disponível em <https://ghcenupeb.wixsite.com/ghcen/videos-and-cartoons-1>. O vídeo tem como proposta divulgar e aproximar professores e alunos da ciência e construir um material didático com aprofundamento histórico. O mesmo expõe inicialmente imagens de celular, smartphone, entre outros, mostrando que esses equipamentos dependem de alguma forma da pilha ou bateria, denotando conceitos debatidos no primeiro encontro desta proposta. Podemos destacar que a problemática deste material acontece em torno do seguinte questionamento: de onde surgiu a pilha? Para solução de tal impasse é mostrado as cooperações de Laura Bassi, Pe Giambatista Beccaria no século XVIII, além dos trabalhos de Galvani e as contribuições de Alessandro Volta para o desenvolvimento da pilha

Logo após, foi dada abertura para os estudantes realizarem questionamentos e sanarem dúvidas acerca do que assistiram, a partir de questionamentos realizados pelo professor, tais como: Do que trata o vídeo? Quais os pontos que lhes chamaram mais atenção?

Em seguida foi proposta a realização da leitura de dois textos conforme ilustrado na Figura 24, intitulados “um pouco das cooperações de Volta na sociedade” e a “pilha voltaica”, os quais encontram-se disponíveis no Produto Educacional. Cabe destacar que os estudantes realizaram as leituras de forma dinâmica e socializada, sendo estabelecido posteriormente uma nova discussão sobre as informações contidas no texto e o experimento realizado na aula anterior.

Figura 24 - Estudantes realizando a leitura dos textos



Fonte: Fotografia do autor

Para culminância da proposta foi realizada uma atividade de averiguação dos conhecimentos dos estudantes, por meio de uma atividade proposta que também está disponível no Produto Educacional.

### **Considerações sobre o trabalho desenvolvido**

Através das intervenções realizadas podemos verificar aspectos bastante interessantes, como as ideias prévias dos estudantes, suas interpretações perante a solução de problemas e argumentação.

A primeira aula teve a finalidade de observar as concepções iniciais dos estudantes acerca do tema em estudo. A priori identificamos que eles apresentavam alguns obstáculos para execução da atividade, como: timidez, expectativa que os questionamentos fossem respondidos pelo professor e receio de julgamento, caso suas concepções não estivessem respaldadas pela Ciência, atualmente. Em virtude disso, o professor mediou o impasse, de modo a estimulá-los a participação sem julgamento.

Conforme eram propostas as problematizações, percebemos que os estudantes assumiam um papel de protagonista na construção do conhecimento e algumas vezes acrescentando algo que não estava estabelecido pelo planejamento.

Através de relatos dos estudantes obtivemos a informação de que os mesmos haviam estudado a temática da pilha no segundo ano do Ensino Médio, porém identificamos que eles traziam consigo conhecimentos desorganizados e sem nenhum contexto histórico. Diante de tal cenário, procuramos dialogar com os estudantes estabelecendo uma relação entre as atividades produzidas com a investigação científica.

Já no segundo encontro tínhamos expectativa que os estudantes construíssem uma pilha semelhante a proposta por Alessandro Volta, mostrando compreensão de seu funcionamento. Na primeira tentativa de montagem do aparato experimental era notório a decepção dos estudantes ao observarem que suas propostas não se comportavam da forma esperada. O professor entrevistou relatando que essas dificuldades que eles estavam enfrentando, os pesquisadores que se dedicaram muito tempo a ciência enfrentaram de forma semelhante e que a ciência não é fundamentada em “gênios infalíveis”, mas sim num processo de construção.

Para culminância das intervenções, o terceiro encontro cumpriu de forma exitosa seu objetivo, por meio das ferramentas metodológicas utilizadas. Elas foram importantes, uma vez que permitirem aos estudantes: a sistematização de seus conhecimentos acerca da temática, constatar a coletividade na construção do conhecimento científico e ter contato com pressupostos concernentes a pilha Voltaica.

Vale destacar que os debates posteriores ao vídeo e aos textos nos revelaram que os estudantes ficaram maravilhados com a relevância que os trabalhos de Volta causaram tanto na comunidade científica, quanto na própria sociedade.

No término da atividade, identificamos a euforia dos estudantes no processo avaliativo, uma vez que a proposta apresentava-se em forma de caça palavras, cruzadas, etc, contrária a metodologia de soluções de questões de vestibular estabelecida em boa parte das escolas brasileiras.

Podemos afirmar que a prática de ensino desenvolvida foi de grande proveito, embora tenhamos enfrentado algumas mudanças no decorrer das atividades, existiu a busca contínua de inserção dos estudantes em um processo de construção do conhecimento, através do diálogo e de uma visão crítica.

## 5 - CONSIDERAÇÕES FINAIS

Quando iniciou-se o trabalho de pesquisa foi constatado que havia muitos materiais na literatura reportando ao processo histórico da Pilha Voltaica. Todavia, não foi identificado material que pudesse subsidiar o professor para mediar tal conteúdo na sala de aula, numa perspectiva problematizadora, inserindo o estudante num processo ativo na construção do conhecimento científico.

Perante essa realidade, realizamos uma pesquisa concernente ao episódio histórico da pilha Voltaica, fundamentado no laboratório problematizador aliado à História da Ciência, em que buscamos responder a seguinte questão: em que medida a atividade experimental articulada a episódios históricos podem contribuir com o ensino de ciências, ou particularmente, com o ensino de física?

Neste sentido desenvolvemos e aplicamos em sala de aula o Produto educacional, e obtivemos alguns resultados, como descritos:

- Os estudantes exprimiam suas concepções prévias, apresentando suas hipóteses para solução dos impasses apresentados no processo de construção do conhecimento;
- Em todo o processo havia a busca de soluções dos problemas de forma coletiva e de forma interativa;
- Os estudantes compreenderam que a ciência é baseada em um processo de construção, e, da mesma forma que suas ideias sofreram alterações no desenvolver das investigações em sala de aula, os modelos científicos desenvolvido por grandes pesquisadores são susceptíveis a falhas.

Diante dessa conjuntura, entendemos que o estudante sendo ativo na construção do conhecimento científico, valorizando suas ideias, estando no cerne das discussões, teremos como resultado uma oportunidade para desenvolver aulas mais interativas, com possibilidades de aprendizagem dos mesmos.

Foi de extrema importância os momentos de problematização e questionamento, uma vez que produziu um ambiente propício tanto para reflexões dos problemas a serem resolvidos, quanto para desenvolver uma posição crítico-reflexivo.

Todavia, cabe destacar alguns desafios enfrentados ao trabalhar o experimento histórico em sala de aula: os materiais necessários para desenvolver a atividade empírica, a

confiabilidade da fonte, secundária, que aborda tal episódio histórico e a adaptação da linguagem técnica para torná-la mais didática.

Através dos apontamentos dos estudantes, as ações desenvolvidas em sala de aula e os debates efetuado no decorrer das intervenções, pode-se revelar que nossa pesquisa atingiu a expectativa, sendo capaz de contribuir para o ensino na educação básica, em especial para o assunto da pilha Voltaica, visto que apresentamos um material didático que pode subsidiar professores no ensino médio.

Por fim, destacamos a relevância dessa pesquisa, mostrando que o ensino de Física através de estratégias diferenciadas e sistematizadas, poderá contribuir consideravelmente para a aprendizagem de estudantes e instigá-los ao estudo da ciência.

## REFERÊNCIAS

ACEVEDO, J. A.; VÁZQUEZ, A.; PAIXÃO, M. F.; ACEVEDO, P.; OLIVA, J. M.; MANASSERO, M. A. **Mitos da Didática das Ciências acerca dos motivos para incluir a Natureza da Ciência no ensino das ciências**. *Ciência & Educação*, v. 11, n. 1, p. 1 – 15, 2005.

ALVES FILHO, Jose de Pinho. **Atividades experimentais: do método a prática construtivista**. 2000. 303 f. Tese (Doutorado em Educação) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2000

AMARAL, IVAN. A. **Conhecimento formal, experimentação e estudo ambiental**. *Ciência & Ensino*. n.3, p.6, dez. 1997.

ANDRADE, M. L. F.; MASSABNI, V. G. **O desenvolvimento de atividades práticas na escola: um desafio para os professores de ciências**. *Ciência & Educação*, Bauru, v. 17, n. 4, p. 835-854, 2011.

ARAÚJO, Mauro Sérgio Teixeira; ABIB, Maria Lúcia Vital dos Santos. **Atividades experimentais no ensino de Física: diferentes enfoques, diferentes finalidades**. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, v. 25, n. 2, p. 176-194, jun. 2003.

BONI, R.S. A pilha de Alessandro Volta (1745 – 1827): **Diálogos e conflitos no final do século XVIII e início do século XIX**. 2007, p.112 f. Dissertação (mestrado em história da ciência) – Pontífice Universidade Católica, São Paulo.

BORGES, A. T. **Novos rumos para o laboratório escolar de ciências**. *Caderno Brasileiro de Ensino de Física*, v. 19, n. 3, p. 291-313, 2002.

BOSS, S.L.B; FILHO, S.M.P de; CALUZI, J. J. **Textos históricos de fonte primária: contribuições para a aquisição de subsunçores pelos estudantes para a formação do conceito de carga elétrica**. In: Ana Maria de Andrade Caldeira. (Org.). *Ensino de Ciências e matemática II: temas sobre formação de conceitos*. 1 ed. São Paulo: Cultura Acadêmica-Unesp, 2009, v, p. 201-217.

BRASIL. **Orientações Educacionais Complementares aos Parâmetros Curriculares Nacionais: Ensino Médio**. Ciências da Natureza, Matemática e suas Tecnologias. Brasília: MEC-SEMTEC, 2002.

BRASIL. Secretaria de Educação Básica. Diretoria de Apoio à Gestão Educacional. **Pacto nacional pela alfabetização na idade certa: alfabetização em foco: projetos didáticos e sequências didáticas em diálogo com os diferentes componentes curriculares**. Ano 03 - unidade 06. Ministério da Educação, Secretaria de Educação Básica, Diretoria de Apoio à Gestão Educacional. - Brasília: MEC, SEB, 2012a.

BRITO, N.B; REIS, U.V; TALON, I.L.M; REIS, J.C. **História da física no século XIX: discutindo natureza da ciência e suas implicações para o ensino de física em sala de aula**. *Revista Brasileira de História da Ciência*, Rio de Janeiro, v.7, nº2, p.214-231, jul.2014.

CASTRO, A. D. E. A. (Ed.). **Didática para a escola de 1º e 2º graus**. 4. São Paulo: Pioneira, 1976. p.49-55

CHAGAS, A.P. **Os 200 anos da pilha elétrica**. Química Nova, nº23, v.3, p.427-429. Março, 2000.

DELIZOICOV, D. **Problemas e problematizações**. In: PIETROCOLA, M. (Org.). **Ensino de Física: conteúdo, metodologia e epistemologia numa concepção integradora**. Florianópolis: Ed. da UFSC, 2001. p. 125-150

DUARTE, Maria da Conceição. **A história da ciência na prática de professores portugueses: implicações para a formação de professores de ciências**. Ciênc. educ. (Bauru) [online]. 2004, vol.10, n.3, pp.317-331. ISSN 1516-7313. <http://dx.doi.org/10.1590/S1516-73132004000300002>.

FILHO, M. S; BOSS, S.L.B; CALUZI, J.J. **A eletricidade estática: Os obstáculos epistemológicos, as concepções espontâneas o conhecimento científico e a aprendizagem de conceitos**. In: ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA EM CIÊNCIAS, V.6, 2007, Florianópolis. Anais... Florianópolis: Centro de Convenções da UFSC, 2007. p.1-12.

FORATO, T. C. M. **A natureza da ciência como saber escolar: um estudo de caso a partir da natureza da luz**. Tese (Doutorado em Educação) - Faculdade de Educação. Universidade de São Paulo, São Paulo, 2009.

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, abr. 2011

FORATO, T; Guerra, A. **Alessandro volta e a pilha**. in Historia da Ciência e Ensino, editado por A. Silva e A. Guerra. (Ed. Livraria da Física, São Paulo, 2015, p. 17-25).

FRANCISCO JUNIOR, W. E; FERREIRA, L.H; HARTWIG, R. **Experimentação Problematizadora: Fundamentos Teóricos e Práticos para a aplicação em salas de aula de ciências**. Revista Química Nova na Escola, nº 30, novembro, 2008. Disponível em: <<http://qnesc.sbq.org.br/online/qnesc30/07-PEQ-4708.pdf>>. Acesso em: 14 de abril de 2018.

GIL-PÉREZ, D.; MONTORO, I. F.; ALÍS, J. C.; CACHAPUZ, A.; PRAIA, J. **Para uma imagem não deformada do trabalho científico**. Ciência & Educação, v. 7, n.2, p. 125-153, 2001.

GIORDAN, M.; GUIMARÃES Y. A. F.; MASSI, L., **Uma análise das abordagens investigativas de trabalhos sobre sequências didáticas: tendências no ensino de ciências**. Atas do VIII Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências, Campinas, 2011.

GOLDBERG, M. A. A. **Avaliação e Planejamento Educacional: problemas conceituais e metodológicos**. Cadernos de Pesquisa, n. 7, Fundação Getúlio Vargas, São Paulo, 1973.

GRANDINI, N. A, GRANDINI, C. R. **Os objetivos do laboratório didático na visão dos alunos do curso de Licenciatura em Física da Unesp-Bauru**. Revista Brasileira de Ensino de Física, v.26 n.3, p.251-56, 2004

GUEDES, M.V. **Bicentenário da Invenção da Pilha por Alessandro Volta**. Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto. 2000, p.1-4

GUERRA, A; FORATO, T.C.M. **Galvani**. in **Historia da Ciência e Ensino**, editado por A. Silva e A. Guerra. (Ed. Livraria da Física, São Paulo, 2015, p. 27-38).

HALLIDAY D.; RESNICK R. e WALKER J. **Fundamentos de Física: Eletromagnetismo**. Volume 3. 8ª edição. Editora LTC, 2009.

HALLIDAY, D.; RESNICK, R.; **Física**. Volume 3. 4ª ed. Rio de Janeiro: Editora LTC, 1984.

HIGA, Ivanilda; OLIVEIRA, Odisséa Boaventura de. **A experimentação nas pesquisas sobre o ensino de Física: fundamentos epistemológicos e pedagógicos**. Educar em Revista, n. 44, p. 75-92, 2012.

JARDIM, W. T.; GUERRA, A. **Experimentos históricos e o ensino de física: agregando reflexões a partir da revisão bibliográfica da área e da história cultural da ciência**. Investigações em Ensino de Ciências; Porto Alegre Vol. 22, Ed. 3, 2017.

JARDIM, W.T; GUERRA, A. **Práticas científicas e difusão do conhecimento sobre eletricidade no século XVIII e início do século XIX: possibilidades para uma abordagem histórica da pilha de volta na educação básica**. Revista Brasileira de Ensino de Física, v.40, nº 3, 3603.1-16, Março. 2018.

JOHNSON, S. **A invenção do ar: uma saga de fé, revolução e o nascimento dos Estados Unidos**; tradução, Maria Luiza X.de A Borges. Rio de Janeiro: Zahar Ed., 2009.

JUNIOR, F. R.; **Os Fundamentos da Física**. Volume 3. 10º ed. São Paulo: Moderna, 2009.

MAGIE, W.F. **A source book in physics**. New York: McGraw – Hill, 1935.

MAGNAGHI, C. P.; ASSIS, A. K. T. **Sobre a eletricidade excitada pelo simples contato entre substâncias condutoras de tipos diferentes – uma tradução comentada do artigo de Volta de 1800 descrevendo sua invenção da pilha elétrica**. Caderno Brasileiro de Ensino de Física, v. 25, n. 1, p. 118-140, abr. 2008.

MARTINS, R. A. Introdução. **A história das ciências e seus usos na educação**. Pp. XXI-XXXIV, In: SILVA, C. C. (Ed.). Estudos de história e filosofia das ciências: subsídios para aplicação no ensino. São Paulo: Livraria da Física, 2006.

MARTINS, Roberto de Andrade. **Alessandro Volta e a invenção da pilha: dificuldades no estabelecimento da identidade entre galvanismo e a eletricidade**. Acta Scientiarum, v. 21, n. 4, p. 823-835, 1999.

MATTHEWS, Michael. **História, filosofia e ensino de ciências: a tendência atual de reaproximação**. Caderno Brasileiro de Ensino de Física, Florianópolis, v. 12, n. 3, p. 164-214, jan. 1995. ISSN 2175-7941. Disponível em:

<<https://periodicos.ufsc.br/index.php/fisica/article/view/7084>>. Acesso em: 28 jun. 2018.  
doi:<https://doi.org/10.5007/%x>.

MCCOMAS, W. **Laboratory instruction in the service of science teaching and learning: Rein-venting and reinvigorating the laboratory experience.** *The Science Teacher*, v. 72, n. 7, p. 24-29, 2005

MEDEIROS, A; BEZERRA FILHO, S. **A Natureza da Ciência e a Instrumentação Para o Ensino da Física.** *Ciência & Educação*, v. 6, n. 2, p. 107-117, 2000.

MORAES, J. U. Pereira; SILVA JUNIOR, R.S. **Experimentos didáticos no ensino de física com foco na aprendizagem significativa.** *Aprendizagem Significativa em Revista*, Porto Alegre, v. 4, n. 3, p. 61-67, dez. 2014.

MOURA, B. A. **Formação crítico-formadora de professores de física: uma proposta a partir da História da Ciência.** São Paulo, 2012.

MUENCHEN, Cristiane and DELIZOICOV, Demétrio. **The three pedagogical moments and the production context of the book named Física.** *Ciênc. educ. (Bauru)* [online]. 2014, vol.20, n.3, pp.617-638. ISSN 1980-850X. <http://dx.doi.org/10.1590/1516-73132014000300007>.

NASCIMENTO, L. M. M.; GUIMARAES, M. D. M.; EL-HANI, C. N. **Construção e avaliação de sequências didáticas para o ensino de biologia: uma revisão crítica da literatura.** VII ENPEC Florianópolis, SC 2009.

NUSSENZVEIG, H. M. **Curso de Física Básica 3: Eletromagnetismo.** Editora Edgard Blücher, 1997.

PENA, Fábio. L. A; RIBEIRO Filho, A. **Obstáculos para o uso da experimentação no ensino de Física: um estudo a partir de relatos de experiências pedagógicas brasileiras publicados em periódicos nacionais da área (1971-2006).** *Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências*. Vol. 9, nº 1, p. 5-17, 2009.

PEREIRA, V.M; FUSINATO, P.A. **Possibilidades e dificuldades de se pensar aulas com atividades experimentais: o que pensam os professores de física.** *Experiências em Ensino de Ciências*, v.10, nº3, p.120-143. fev.2015.

PINHO ALVES, J. **Regras da transposição didática aplicadas ao laboratório didático.** *Caderno Catarinense de Ensino de Física*, Florianópolis, v. 17, n. 2, p. 174-188, 2000.

PINTO, J.A.F; SILVA, A.P; FRREIRA, ÉWERTON. J.B. **Laboratório desafiador e história da ciência: um relato de experiência com o experimento de Orested.** *Caderno Brasileiro de Ensino de Física*, v.34, n.1, p.176-196, abril.2017.

RIBEIRO, C; COUTINHO, C. COSTA, M. F. **Robôcarochinha: Um estudo sobre robótica educativa no ensino básico.** V Conferência Internacional de Tecnologias de Informação e comunicação na educação, 2007.

ROBILOTTA, M. R.. **O cinza, o branco e o preto – da relevância da história da ciência no ensino da física**. Caderno Brasileiro de Ensino de Física, Florianópolis, p. 7-22, jan. 1988. ISSN 2175-7941. Disponível em: <<https://periodicos.ufsc.br/index.php/fisica/article/view/10071>>. Acesso em: 28 jun. 2018. doi:<https://doi.org/10.5007/%x>.

ROSA, C. T. W.; ROSA, A. B. **Aulas experimentais na perspectiva construtivista: Proposta de organização do roteiro para aulas de física**. Física na Escola, p. 13, n. 1, p. 4-9, 2012.

SILVA, A. P. B.; GUERRA, A. **História da ciência e ensino: fontes primárias e propostas para sala de aula** – São Paulo: Editora Livraria da Física, p. 17 – 37, 2015

SILVA, B. V. C.; SOUSA, G. D. S.; FERREIRA, J. M.; CARVALHO, H. R.; NASCIMENTO, L. A. **As necessidades formativas do professor de ciências ao inserir a história e a filosofia da ciência na sala de aula: o uso dos textos históricos de natureza pedagógica**. ENCITEC, v. 4, p. 36-50, 2014.

SILVA, J.C.X; LEAL, C.E.S. **Proposta de laboratório de física de baixo custo para escolas de rede pública de ensino médio**. Revista Brasileira de Ensino de Física, v.39, nº1, janeiro, 2017.

SOUZA, Rafaelle da Silva, **Desafios da história da física na sala de aula, sequência didática, caderno de campo e uma leitura das concepções docente e discente**. 2014. 160 f. Dissertação – Mestrado em Ensino de Ciências e Educação Matemática, Universidade Estadual da Paraíba, Campina Grande, 2014.

VITAL, Abigail; GUERRA, Andreia. **A implementação da história da ciência no ensino de física: uma reflexão sobre as implicações do cotidiano escolar**. Ens. Pesqui. Educ. Ciênc. (Belo Horizonte), Belo Horizonte , v. 19, e2780, 2017 . Available from [http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1983-21172017000100224&lng=en&nrm=iso](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1983-21172017000100224&lng=en&nrm=iso)>. access on 06 Sept. 2019. Epub Dec 07, 2017. <http://dx.doi.org/10.1590/1983-21172017190127>

YOUNG, H. D.; FREEDMAN, R. A. **Física III: Eletromagnetismo**. 12 ed. São Paulo: Addison Wesley, 2009.

ZABALA, A. **A Prática Educativa: como ensinar**. Porto Alegre: ARTMED, 1998.

APÊNDICE A – PRODUTO EDUCACIONAL



**MESTRADO NACIONAL PROFISSIONAL EM ENSINO DE FÍSICA -  
MNPEF**

*Uma proposta de ensino numa perspectiva  
histórico-experimental: a pilha de Volta*

**Sequência Didática**

*Wanderson José Rodrigues do Nascimento*  
*Orientação: Alessandro Frederico da Silveira*

## APRESENTAÇÃO

A proposta aqui apresentada, tem como objetivo dispor ao professor de física de nível médio, um material didático possível de ser usado nas aulas de eletricidade seguindo uma abordagem de ensino que considera o mundo vivencial dos seus estudantes. O tema designado para estudo é a pilha desenvolvida por Alessandro Volta, por ser um conteúdo comumente abordado na terceira série do ensino médio da escola regular, e por ser o divisor de águas entre a eletrostática e a eletrodinâmica.

Cabe destacar que tal proposta foi produzida com intuito de alcançar os objetivos estabelecidos para cada atividade, sendo esta, passível de modificação e moldagem conforme a discussão desenvolvida em classe, e realidade de estrutura e funcionamento de cada instituição de ensino.

Essa proposta será executada em três encontros, sendo cada um disposto de duas aulas geminadas. O primeiro encontro terá o intuito de sondar quais os conhecimentos científicos ou não que os estudantes trazem consigo acerca da pilha, assim como os materiais que ela constitui. Nesse período o professor terá que articular as concepções expostas com o conhecimento cientificamente aceito.

Já no segundo encontro, o enfoque se dará na atividade experimental com viés problematizador, em que os estudantes serão encorajados a levantar hipóteses para a construção de um aparato experimental semelhante ao proposto por Alessandro Volta.

No último encontro serão abordadas as questões históricas que envolvem a pilha voltaica, destacando as influências contextuais, sociais, políticas e culturais que estiveram presentes nos estudos as quais se pretende focar esse trabalho.

Na descrição que segue abaixo, destacamos os objetivos traçados para cada encontro, seguidos dos conteúdos que serão abordados e de como se dará o desenvolvimento das aulas.

## **PRIMEIRO ENCONTRO**

**TEMA:** Eletricidade

**NÚMERO DE AULAS:** 2 aulas (realizadas seguidamente)

### **OBJETIVOS:**

- Perceber a importância da pilha no nosso cotidiano;
- Compreender a distinção da eletricidade estática e a eletrodinâmica;
- Diferenciar um material condutor de um isolante;
- Fazer a relação da pilha convencional com outros aparatos na natureza;
- Identificar os materiais constituintes da pilha voltaica;

### **CONTEÚDOS:**

- Condutores e isolantes;
- Circuito elétrico;
- Pilha;

### **ATIVIDADE – FASE PRÉ-EXPERIMENTAL**

A priori iremos realizar uma conversa enfatizando a existência da quantidade de objetos tão comuns no nosso cotidiano, já estamos tão habituados aos mesmos, e não paramos mais para observá-los, nem tão pouco entender como eles funcionam, como exemplos: lanternas, celulares, controladores de televisão, entre outros. Alguns conceitos de eletricidade serão lembrados, como interações entre cargas e suas propriedades, e todo desenvolver desse momento será executado de forma verbal e através de explanação de slides pelo professor.

Em seguida, o professor apresenta aos estudantes a situação-problema: qual objeto responsável para o funcionamento desses três equipamentos eletrônicos citados outrora? Sem a presença da pilha existiria condições para que esses equipamentos funcionassem? Os estudantes estarão incumbidos de resolverem esse impasse através das discussões entre os

grupos, em que o professor atuará de forma imparcial, atuando apenas na mediação de tal debate. Esse momento acreditamos ser importante, uma vez que os estudantes terão discernimento da relevância da pilha em nosso cotidiano.

Em seguida é realizada a atividade proposta 2, que consiste em uma discussão de uma tirinha aliada ao estudo do texto 1 (ver apêndice), em que os estudantes serão encorajados a construir o conhecimento no tocante aquela temática. A situação proposta será resolvida pelos estudantes com grupos de três ou quatro pessoas, o qual será defendida posteriormente para o grande grupo, desenvolvendo um ambiente propício à execução do debate.

Por fim, será realizado uma atividade de cunho avaliativo, em que serão abordadas questões conceituais debatidas no percurso da aula.

## PROBLEMATIZAÇÃO

### Atividade proposta 1

Qual é o objeto responsável pelo o funcionamento desses três equipamentos eletrônicos citados anteriormente?

Sem a presença da pilha existiria condições para que esses equipamentos funcionassem?

### Atividade proposta 2

Na tirinha abaixo a personagem Mafalda e seu pai dialogam, a partir dessa situação, responda:

Figura 1



Fonte: <http://www.portuguescompartilhado.com.br/2017/11/interpretacao-de-texto-tirinha-mafalda.html>

## QUESTÕES-CHAVE:

**1) Qual a finalidade da pilha e do rádio estando em pleno funcionamento?**

Com esse questionamento pretende-se que o aluno consiga perceber a transformação de energia elétrica em sonora existente no rádio e a transformação da energia química em elétrica presente na pilha.

**2) Existem outros aparelhos eletrônicos que se pode fazer uso da pilha? Quais? Seria possível acender um led com uma pilha? Além da pilha e a lâmpada qual componente necessário para ela funcionar? Justifique.**

Nessa proposição intenciona-se que os estudantes consigam associar o uso da pilha a vários outros aparelhos (como exemplo carros, relógios, tablet, entre outros). Também pretende-se que ele compreenda que pode acender um led através da pilha e para isso necessita-se de um material condutor (exemplo fios de cobre), onde o circuito esteja fechado.

**3) Considerando a última questão, se colocasse mais de uma pilha mudaria alguma coisa, justifique.**

Nesse quesito objetivamos que o estudante compreenda a possibilidade de fazer um empilhamento em série, tendo consequência de aumento de tensão.

**4) Você saberia explicitar quais materiais básicos necessários para a construção de uma pilha?**

Nesse momento, objetiva-se que o estudante compreenda que deve existir dois metais de natureza diferentes, como por exemplo, o cobre e o zinco, e um eletrólito, resultando em um processo de oxirredução.

Após a organização do conhecimento o professor sugere uma atividade avaliativa utilizando as questões que seguem:

## **AValiação**

- 1) Quase todos os fios utilizados no nosso cotidiano são de cobre. Existe outro material que tenha característica semelhante? Por que não utilizamos? Por que eles são cobertos por um material de plástico?
- 2) Se colocasse a pilha com a polaridade invertida os aparelhos funcionariam mesmo assim?
- 3) Como poderia fazer uma pilha? Relate detalhadamente.

### **REFERENCIAS:**

Física em contextos, 3: ensino médio / Maurício Pietrocola...[et al.]. – 1. ed. – São Paulo: Editora do Brasil, 2016. – (Coleção física em contextos)

Ser protagonista box: física, ensino médio: volume único/ organizadora Edições SM; obra coletiva concebida, desenvolvida e produzida por Edições SM. – 1. ed. – São Paulo: Edições SM, 2014. – (Coleção ser protagonista box).

## **SEGUNDO ENCONTRO**

**TEMA:** Experimento histórico da pilha voltaica

**NÚMERO DE AULA:** 2 aulas (realizadas seguidamente)

### **OBJETIVOS:**

Com essa aula espera-se que os discentes sejam capazes de:

- Fazer um protótipo da pilha desenvolvida por Alessandro Volta;
- Entender a necessidade de formulação de hipóteses para construir o conhecimento científico;
- Entender que a construção da ciência é influenciada e influencia o meio;
- Compreender a necessidade de dois matérias de natureza diferentes e um eletrólito para a formação da pilha;
- Perceber a indispensabilidade de uma substância salina para o funcionamento da pilha;
- Identificar a necessidade do circuito fechado para o estabelecimento de corrente elétrica;

### **CONTEÚDOS:**

- Pilha voltaica;
- Corrente elétrica.

### **ATIVIDADE – FASE EXPERIMENTAL**

Para realização da atividade 3 daremos continuidade as discussões realizadas na aula anterior e posteriormente os alunos serão encorajados a desenvolver uma atividade experimental, referente a pilha voltaica.

Para isso, os mesmos receberão um kit experimental onde terão que formular suas hipóteses e realizar o planejamento das ações para a execução da atividade. Contudo não será explicado como eles deverão associar os materiais, e seu kit terá ausência da substância salina, diante a possibilidade de problematização.

Para norteá-lo no processo de construção do aparato experimental, o professor apresentará as questões-chave, desenvolvendo um papel perante a turma de mediador ou articulador entre as concepções prévias dos estudantes e o pensamento científico.

Em seguida será realizado um debate com o objetivo de haver uma congruência de ideias semelhantes às aceitas pela comunidade científica. Para isso, cada grupo terá que expor perante toda sala de aula suas tomadas de decisões e hipóteses levantadas para a concretização da atividade, sendo este, um ambiente propício para discussão do problema em questão.

### ATIVIDADE PROPOSTA 3

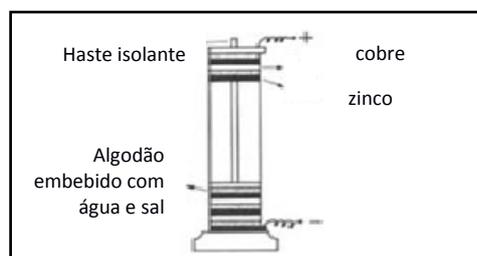
O problema dessa temática é construído a partir de um experimento histórico vivenciado por Alessandro Volta.

#### Material necessário:

- 10 discos de cobre;
- 10 discos de zinco;
- 1 Suporte para empilhamento das moedas;
- gancho;
- Água;
- Sal;
- Fio de cobre;
- Semicondutor (led)
- 10 discos de feltro tecidos

A configuração do experimento é apresentada na figura abaixo

Figura 2: Aparato experimental da pilha de Volta



Fonte: <https://sites.google.com/site/eletricidadeeletronica198/>

O experimento terá sua estrutura feita em cano pvc, que dará condições viáveis para realizar o empilhamento das moedas de zinco, cobre e o algodão embebido em água e sal.

Vale ressaltar que a utilização de água e sal é uma escolha a critério do professor, que pode ser substituída por qualquer solução alcalina.

A priori, o kit experimental é entregue aos grupos e alguns questionamentos podem ser realizados para efeitos de problematização.

### **QUESTÕES-CHAVE:**

- a) Para conhecimento do material a ser utilizado, escreva o nome dos objetos desse equipamento.**

Nesse momento pretendemos que o estudante tenha conhecimento e a funcionalidade dos materiais que utilizarão na atividade experimental.

- b) Com esse material será possível realizar a construção de uma pilha?**

Nessa propositura objetivamos que o estudante mencione a necessidade de uma solução alcalina para realização do processo de oxirredução.

- c) A distribuição do empilhamento pode se realizar de forma aleatória? Ou segue algum padrão?**

Propomos nesse quesito, que o estudante tenha compreensão do padrão necessário para a construção da pilha, uma vez que resultando em uma diferença de potencial terá o estabelecimento da corrente elétrica.

- d) Nas extremidades da pilha é possível ter dois discos de natureza idênticas? Por que?**

Já discutida a necessidade do padrão necessário para ser estabelecido no empilhamento, acreditamos que o estudante conseguirá compreender que a diferença de potencial é definida

nas extremidades da pilha, com isso, o mesmo, compreenderá que essas extremidades terá discos de naturezas diferentes.

**e) Qual seria o sentido de movimento das cargas elétricas no seu empilhamento?**

Nessa questão pretendemos que o estudante entenda que no metal com maior tendência de doar mais elétrons, que é chamado de ânodo, ocorrerá uma oxidação e no metal mais nobre ocorrerá uma redução, a partir de então saberá o movimento dos elétrons no sentido real ou no sentido inverso, chamado convencional.

**f) Que consequência teria se não utilizasse todas as moedas fornecida no kit experimental? E se aumentasse a quantidade de empilhamento?**

Pretendemos, ao propor esse questionamento, que o estudante consiga entender com o aumento de empilhamento haveria um aumento de tensão e caso contrário, se houvesse tal diminuição teríamos a redução da voltagem.

## **ATIVIDADE**

A avaliação desse encontro se dará de forma contínua, sendo analisado as discussões entre as equipes, o grande grupo e as respostas das questões-chave.

## **TERCEIRO ENCONTRO**

**TEMA:** Contexto histórico da pilha de Volta

**NÚMERO DE AULAS:** 2 aulas (realizadas seguidamente)

### **OBJETIVOS:**

Com essa aula espera-se que os discentes sejam capazes de:

- Compreender o estabelecimento da identidade galvanismo e eletricidade;
- Conhecer a biografia da Alessandro Volta e o processo histórico da construção da pilha;
- Identificar possíveis equívocos do modelo de Galvani;
- Diferenciar o modelo de fluido elétrico proposto no século XVIII e o de corrente elétrica do século atual;

### **CONTEÚDO:**

- Pilha voltaica;

### **ATIVIDADE – FASE PÓS-EXPERIMENTAL**

A priori os grupos compartilham seus resultados perante toda sala e todos buscam encontrar um consenso. Logo após, será exposto um vídeo produzido pela Universidade Estadual da Paraíba com seguinte titulação: “Videoteca – História da Ciência”, com uma duração de 14min28, disponível em <https://ghcenuepb.wixsite.com/ghcen/videos-and-cartoons-1>.

Em seguida serão entregues dois textos, um referente a biografia de Alessandro Volta, texto 2 (ver apêndice), e outro referente ao episódio histórico da Pilha de Volta, texto 3(ver anexo), os quais serão lidos de forma dinâmica e socializada pelos estudantes, com intuito de iniciar um debate alusivo as informações contidas nos textos e no experimento realizado em sala de aula.

Por fim será realizada uma atividade avaliativa, a fim de averiguar os conhecimentos adquiridos durante o processo de ensino.

### **ATIVIDADE AVALIATIVA**

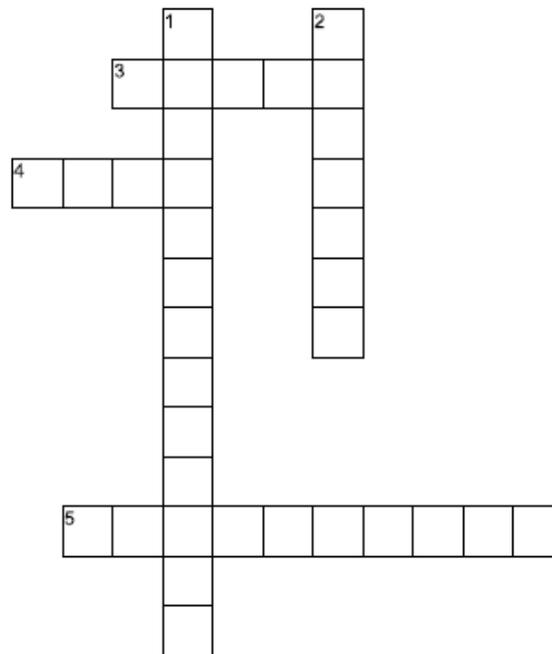
- 1) No último parágrafo do texto 2 Alessandro Volta admite diversas variações para construção de uma pilha. De acordo com as discussões realizadas, você saberia desenvolver outra constituição de pilha diferente da mencionada no texto? Justifique.
- 2) Se aumentar o diâmetro das placas de cobre e zinco teria uma intensidade diferente de fluido elétrico?
- 3) Descubra as palavras que compõem os espaços vazios, baseado nas pistas fornecidas no texto:

#### **Vertical**

1. Instituição destinada a promover o conhecimento científico;
2. Mentor da eletricidade animal;

#### **Horizontal**

3. Desenvolveu o aparato experimental da pilha;
4. Material produzido por Volta para produzir o processo de oxirredução;
5. Aparato experimental desenvolvido por Volta.



4) Diante das discussões seu aparato experimental coincide com as ideias de Volta ou diverge? Justifique.

5) Encontre no quadro abaixo as palavras destacadas nos textos lidos em sala de aula.

E T O À T T C Z Y F L Ê S C B U Õ Q G R  
 J U L Ô A U W S Ç S O D I C E D E M U À  
 T E À G C A G I J Ü Ú E Z J K E Q Z Â V  
 S R F É É C Ê A Ü ã ã I A Ü J Ò Y Ô W L  
 C Q Z A Ê L T T À S G I M Õ Y X O O Ç Ü  
 E V Ú Á X Õ J E ã Á Y S K B Ô C Ú Õ J R  
 R S Q L S I Ê M U M E R M Ç N G Ô Ô B É  
 U A F É Z W S O L R J Í É I Ó Á C D D F  
 V L R E X É S J O F Ç Ú Z Ê À É C ã Í Q  
 Í M U Ç Ó K Ô T Ô T S L Á J B O Õ Ú Õ Ó  
 H O J U Í Q U W Í P O A H L I P V Z J Â  
 X U Â M H D X À X G C A Ú G Ü T Y Ê H A  
 É R Ê H N Z Â Ó Á T S F T L N Â Ú Ó P F  
 Õ A ã O E Q B E I Q I O M U O B D Ç ã U  
 Ê Ô C Ü À C F N G Á D S Q J A Á Ç L M Â  
 X V A C A Ò M E L E T R I C I D A D E U  
 I H Ç Ò B D Ó J P S Ê R Ç Í Ü Ú S I Ê S  
 W À U P Ô Q Á R H A F Ô Ú Á C Ó M F U T  
 C O B R E E O E L E T R O S C Ó P I O X  
 Q Ç Í P Í T Í B Ú Ô F M L Ô P Ú B A Õ V

## APÊNDICE B

### **ORIENTAÇÕES PARA O DESENVOLVIMENTO DA ATIVIDADE “EXPERIMENTO HISTÓRICO DA PILHA VOLTAICA”**

Nesta seção, expomos uma sugestão para construção do protótipo da pilha Voltaica. Uma vez construída, esse dispositivo pode gerar uma ddp de aproximadamente 2,7 V.

**Participantes:** grupos com até quatro pessoas.

**Objetivo:** Desenvolver um protótipo semelhante a pilha Voltaica e compreendendo o seu funcionamento..

#### **Material<sup>12</sup>:**

- Uma placa<sup>13</sup> de zinco com dimensões 50 cm por 50 cm e espessura de 0,5 mm;
- Uma placa de cobre com dimensão de 50 cm por 50 cm e espessura de 0,5 mm;
- Um cano<sup>14</sup> PVC de 45 cm de altura e 4 cm de diâmetro;
- Serra;
- Tesoura de cortar chapa;
- Água;
- Sal;
- Fio de cobre com 2 mm de bitola;
- Semicondutor – LED<sup>15</sup> (adquirido em loja eletrônica);
- Dez garras de jacaré;
- Carpete de 50 cm por 50 cm de comprimento e 5 mm de espessura;
- Uma placa de MDF 1 m<sup>2</sup> e espessura de 1,5 cm;
- Furadeira com peça de corte circular;
- Cinco hastes de arame com 12 cm de comprimento cada e 1 mm de espessura;
- Cola adesiva instantânea com viscosidade média 793.

---

<sup>12</sup> Material para construção de 5 kits experimentais

<sup>13</sup> Tanto a placa de zinco, como a de cobre, podem ser adquiridas em loja especializada em metais

<sup>14</sup> Facilmente adquirido em loja de material de construção

<sup>15</sup> Tanto o LED, como as garras de jacaré podem ser adquiridos em loja especialização em eletrônica

**Procedimentos<sup>16</sup>**

1. Corte 10 discos de zinco, de modo que obtenha um raio de 3,5 cm;
2. Corte 10 discos de cobre, de modo que obtenha um raio de 3,5 cm;
3. Corte 10 discos de carpete, de modo que obtenha um raio de 3,5 cm;
4. Separe dois fios de cobre de comprimento de 20 cm;
5. Em seguida, solde os fios ao LED em uma extremidade e na extremidade oposta, solde as garras de jacaré;
6. Corte o cano PVC, de modo que obtenha uma medida de 7 cm de altura;
7. Em seguida, uma das extremidades do cano deve ser fixada uma peça de PVC com a cola adesiva e na outra extremidade, um furo para passagem da haste;



Fonte: Fotografia do autor

8. Separe uma peça de MDF de 6,5 cm por 8,5 cm de comprimento e, em seguida, realize um corte circular de 4,2 cm de diâmetro em seu centro;
9. Por fim, cole duas peças de MDF em sua parte inferior com dimensões 11,5 cm de comprimento por 2 cm de altura

---

<sup>16</sup> Procedimento para construção de 1 kit experimental



Fonte: Fotografia do autor

### Para desenvolvimento da atividade

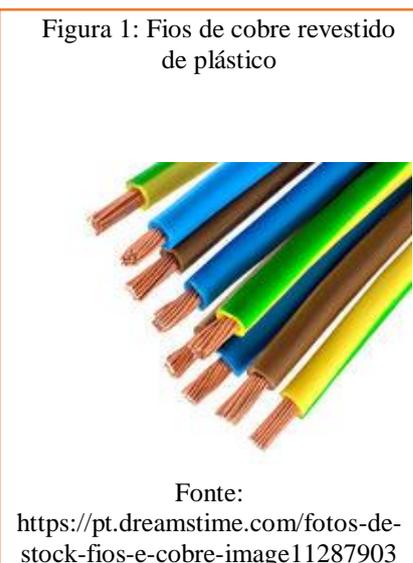
1. Reunir as equipes com o máximo de quatro pessoas;
2. Entregue um kit experimental a cada grupo e solicite que os estudantes cataloguem os materiais presente no mesmo (sugerimos que entregue o kit sem a presença da substância salina);
3. O professor solicitará que aos grupos levantem suas hipóteses para construção de uma pilha com os materiais presente no kit.
4. Em seguida, solicite a montagem do aparato experimental;
5. Após as tentativas de montagem do aparato experimental o professor questiona por que o LED não acendeu?
6. Logo após, o professor solicita que os grupos façam a montagem do aparato experimental com a presença da substância salina;
7. Para direcionamento da atividade, sugerimos que o professor realize os seguintes questionamentos:
  - A distribuição do empilhamento pode se realizar de forma aleatória? Ou segue algum padrão?
  - Nas extremidades da pilha é possível ter dois discos de natureza idênticas? Por que?
  - Qual seria o sentido de movimento das cargas elétricas no seu empilhamento?
  - Que consequência teria se não utilizasse todas as moedas fornecida no kit experimental? E se aumentasse a quantidade de empilhamento?

## APÊNDICE C – TEXTO 1

### **BONS E MAUS CONDUTORES ELÉTRICOS**

**Wanderson José Rodrigues do Nascimento**

Na natureza existem materiais com propriedades físicas bem diversificada. A condutividade elétrica é um exemplo disto, que através dela é possível averiguar se o material é bom ou mau condutor de eletricidade.



Para uma compreensão ampla, necessita-se averiguar, em nível microscópico, alguns materiais. Os elétrons ficam dispostos em camadas mais externas do átomo, podendo se “livrar”, e migrar de um corpo para outro. Dessa forma, os materiais que possuem elétrons livres em maior quantidade, têm mais facilidade de permutar cargas elétricas. Materiais com essa propriedade podem ser exemplificados pelos os fios de cobre, o corpo humano, o grafite, entre outros.

Todavia existem materiais com natureza oposta aos condutores, que são denominados de isolantes. Estes são os materiais cuja movimentação de elétrons em seu interior é dificultada. São exemplos: a borracha, a madeira, o plástico, o vidro a cerâmica, a parafina, a cortiça, entre outros. Os elétrons arranjados nesses materiais têm características de estarem intimamente ligado ao núcleo atômico, com isso não apresentam quantidades de elétrons livres.

Cabe salientar que a diferenciação existente nos condutores e isolantes não é um fato irrestrito. O plástico que circunda a chave de fenda isola o eletricitista de choques em instalações domésticas, no entanto não tem a mesma eficiência se for usado em fios de altas tensões, onde se faz necessário de outros aparelhos de segurança.



## CORRENTE ELÉTRICA

No estudo de temperatura e calor é possível observar que um material condutor de calor, que disponha de uma diferença de temperatura, a energia flui espontaneamente sempre de um ponto de maior temperatura para um de menor temperatura. De forma análoga, pode ser estudado o comportamento das cargas elétricas, que sempre fluirá de um potencial maior para um menor, acontecendo uma diferença de potencial. Esse fluxo de cargas que é denominado de corrente elétrica sempre acontecerá enquanto existir essa diferença de potencial ou tensão.

Essa corrente elétrica é estabelecida devido os elétrons livres de cada átomo se moverem através de uma rede atômica, com mesma direção e sentido. Os prótons e os nêutrons por sua vez, ocupam posições quase estáticas e sujeita a força nuclear forte existente no núcleo atômico.

A taxa do fluxo de carga elétrica é definida em amperes, onde 1 A (um ampere) representa o fluxo de 1 carga elétrica que passa numa secção transversal em um intervalo temporal de 1 segundo.

A corrente elétrica está presente em várias situações físicas. Temos como exemplo:

- Raio - Um fluxo de elétrons entre nuvens ou entre a nuvem e o solo separados pelo ar.
- Oxirredução - Presente nas pilhas, um fluxo de íons é estabelecido entre dois eletrodos.

## REFERÊNCIAS

HEWITT, P. G. Física conceitual. 12. ed. Porto Alegre: Bookman, 2015.

PIETROCOLA, Maurício. [et al.]. Física em contextos. volume 3. 1.ed. – São Paulo: editora do Brasil, 2016. 288p.

VÁLIO, A. B. M. et al. **Física** - Ensino Médio (vol. 3). 1.ed. São Paulo: Edições SM Ltda., 2014 (Coleção Ser Protagonista, 3 volumes).

## APÊNDICE D – TEXTO 2

### UM POUCO DA BIOGRAFIA DE VOLTA

**Wanderson José Rodrigues do Nascimento**

Figura 1 - Alessandro Volta



Fonte: MARTINS, 1999, p. 826

Alessandro Guiseppe Antonio Anastasio Volta nasce em 18 de fevereiro 1745, na cidade de Como, na Itália. Por volta de 1759, resolve estudar física e aos dezessete anos de idade conclui o curso. Desde sua mocidade os fenômenos elétricos tornam-se um dos maiores objetos de estudos de Volta, e registros indicam que em 1763 já teria descrito ao abade Jean-Antoine Nollet (1700 - 1770) uma teoria elétrica fundamentada nos preceitos newtonianos da gravitação, todavia não havia nenhum desenvolvimento experimental.

Em seu primeiro escrito científico, uma carta enviada ao padre G. B. Beccaria datada de 2 de abril de 1765, Alessandro Volta como é mais conhecido, descreve acerca da carta enviada a J. A. Nollet e os fenômenos elétricos que ocorriam ao esfregar alguns materiais e suas aplicabilidades.

Já em 1774 inicia suas atividades docentes e cinco anos mais tarde seria convidado a lecionar na Universidade de Pavia, onde permanece por 25 anos. Mas é em 1791, que dois acontecimentos marcaria a história acadêmica de Volta. Primeiro torna-se membro da célebre Royal Society, honra concebido apenas a cientistas relevantes e em segundo plano, não menos importante, a publicação dos resultados referentes aos estudos de Galvani sobre a eletricidade animal, que serviria de marco para o desenvolvimento da pilha. A priori tal concepção de Galvani é aceita, mas posteriormente é abandonada para defender a **eletricidade** animal existente apenas nos peixes elétricos, como o **torpedo**.

Diante tal impasse, Banks realiza a leitura da carta no dia 26 de junho de 1800, anunciando da invenção da **pilha** de Volta, datada de 20 março do mesmo ano. Além desta invenção, ele desenvolve o eletróforo, discos metálicos e aperfeiçoa o **eletroscópio** condensador.

Os trabalhos desenvolvidos por Volta têm reflexos tanto academicamente como na sociedade, logo em 1810 torna-se conde através de Napoleão Bonaparte, em 1815 o imperador da Áustria deu-lhe o posto de diretor da Faculdade de Filosofia de Pádua e por volta de 1893 o Congresso dos Eletricistas deu o nome de "volt" à "unidade de força eletromotriz". Além desses reconhecimentos a sociedade italiana foi submetida a diversos símbolos voltianos, como: construção de templo, selos, carros, torres, bustos, notas de dinheiro.

Incontestavelmente Alessandro Volta foi um dos maiores cooperadores da física elétrica e influenciadores da sociedade italiana, todavia veio a falecer aos 82 anos em sua cidade natal, no dia 5 de março de 1827.

## REFERÊNCIAS

FRAZÃO, Dilva. **Biografia de Alessandro Volta**. Disponível em: [https://www.ebiografia.com/alessandro\\_volta/](https://www.ebiografia.com/alessandro_volta/) Acesso em: 07 de abril de 2018.

MARTINS, Roberto de Andrade. **Alessandro Volta e a invenção da pilha: dificuldades no estabelecimento da identidade entre galvanismo e a eletricidade**. Acta Scientiarum, v. 21, n. 4, p. 823-835, 1999.

BONI, Renata Saponara. **A pilha de Alessandro Volta (1745-1827): diálogos e conflitos no final do século XVIII e início do século XIX**. 2007. 112 f. Dissertação (Mestrado em História da Ciência) - Pontifícia Universidade Católica de São Paulo, São Paulo, 2007.

## ANEXO – TEXTO 3

### **A PILHA VOLTAICA**

**Thaís Cyrino de Mello Forato<sup>17</sup>**

**Andreia Guerra<sup>2</sup>**

Após um longo silêncio, pelo qual eu tento me desculpar, tenho o prazer de comunicar ao senhor e através de sua pessoa para a Royal Society alguns resultados notáveis aos quais eu cheguei ao realizar meus experimentos sobre a eletricidade excitada pelo simples contato de metais de diferentes tipos, e mesmo pelo contato de outros **condutores**, também diferentes entre si, sendo líquidos, ou contendo algum líquido, a cujas propriedades eles devem seus poderes condutores.

Eu utilizei algumas dúzias de pequenas placas redondas ou discos de **cobre** ou bronze, ou, ainda melhor, de prata, de uma polegada de diâmetro aproximadamente e um igual número de placas de estanho ou, o que é muito melhor, de **zinco**, aproximadamente da mesma forma e tamanho. Digo aproximadamente porque a precisão não é necessária e, em geral, o tamanho, assim como a forma dos pedaços metálicos, é arbitrário: tudo que é necessário é que eles possam ser arranjados facilmente um sobre o outro em uma coluna. Em seguida, utilizei um número suficientemente grande de discos de papelão, de couro, ou de algum outro material esponjoso que pode absorver e reter bastante água ou o líquido no qual eles devem ser bem embebidos para que o experimento tenha sucesso. Estes pedaços, os quais eu chamarei de discos **umedecidos**, eu fiz um pouco menores que os discos e placas metálicas, de modo que, quando intercalados, da maneira que em seguida vou descrever, eles não fiquem salientes.

Com todos esses pedaços em mãos em boas condições, isto é, os **discos** metálicos limpos e secos, e os outros não-metálicos bem embebidos em água, ou, o que é ainda melhor,

Figura 1 - Pilha Voltaica



Fonte: MARTINS, 1999, p. 829

<sup>17</sup> O texto 3 traz fragmentos da carta enviada de Alessandro Volta para Joseph Banks a partir da obra Silva e Guerra (2015, p. 18 – 25).

em **salmoura**, em seguida levemente escorridos para que o líquido não pingue, eu apenas tenho que dispô-los de forma adequada; e esta disposição é simples e fácil.

Coloco horizontalmente sobre a mesa, ou base, uma das placas metálicas, por exemplo, um das de prata, e sobre esta primeira placa, disponho a segunda placa de zinco; sobre a segunda placa, disponho um dos discos umedecidos; em seguida, outra placa de prata, seguida imediatamente por outra de zinco, sobre a qual coloco novamente um disco umedecido. Continuo, portanto, dessa maneira juntando uma placa de prata com uma de zinco sempre na mesma ordem; ou seja, sempre a prata embaixo e o zinco em cima, ou vice-versa, conforme eu comecei, e inserindo entre esses pares um disco umedecido; continuo esse procedimento até formar uma coluna tão alta quanto possa se manter sem tombar.

Voltando à construção mecânica do meu aparato, a qual admite diversas variações, continuo a descrever aqui não todos aqueles que eu havia imaginado e construído em pequena ou larga escala, mas apenas alguns que são mais curiosos ou úteis, ou que apresentam alguma vantagem real, como a de serem mais rápidos e fáceis de construir, mais preciosos em seus efeitos ou se mantendo em boas condições por mais tempo.

## **REFERÊNCIAS**

SILVA, A. P. B.; GUERRA, A. **História da ciência e ensino: fontes primárias e propostas para sala de aula** – São Paulo: Editora Livraria da Física, p. 17 – 37, 2015.