



UNIVERSIDADE FEDERAL DE SERGIPE
CAMPUS PROFESSOR ALBERTO CARVALHO
DEPARTAMENTO DE QUÍMICA
TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

Controvérsias históricas sobre eletricidade: um debate entre
Alessandro Volta e Luigi Galvani

Célia Maria Souza de Jesus

Paula Lima Menezes

Itabaiana-SE

2012

Célia Maria Souza de Jesus

Paula Lima Menezes

Controvérsias históricas sobre eletricidade: um debate entre
Alessandro Volta e Luigi Galvani

Trabalho de Conclusão de Curso realizado sob orientação do Prof. MSc. Erivanildo Lopes da Silva como requisito obrigatório para a obtenção do Título de Licenciado em Química pela Universidade Federal de Sergipe - Campus Professor Alberto Carvalho.

Itabaiana-SE

2012

**Controvérsias históricas sobre eletricidade: um debate entre Alessandro Volta e
Luigi Galvani**

**Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à banca examinadora como requisito obrigatório
para a obtenção do Título de Licenciado em Química pela Universidade Federal de Sergipe,
Campus Professor Alberto Carvalho.**

BANCA EXAMINADORA

Erivanildo Lopes da Silva
Prof. Msc. Erivanildo Lopes da Silva

(Orientador - UFS/DQCI)

Gladston dos Santos
Prof. Gladston dos Santos

(Examinador - UFS/DQCI)

Marcelo Leite dos Santos
Prof. Dr. Marcelo Leite dos Santos

(Examinador - UFS/DQCI)

29 de Outubro, 2012

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	4
2. AS FONTES	7
3. CONTROVÉRSIAS HISTÓRICAS SOBRE ELETRICIDADE	8
3.1. Eletricidade advinda das transformações químicas	9
4. CONCLUSÃO	20
5. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	21

1. INTRODUÇÃO

Nas últimas décadas vem se acentuando um discurso no âmbito do Ensino de Ciências do quanto é importante o papel da História e Filosofia da Ciência (HFC) na construção do conhecimento científico. Em outras palavras, ensinar ciência com base no desenvolvimento da própria ciência, buscando estabelecer relações entre o que existe hoje e o passado.

De acordo com Oki e Moradillo (2008), um pesquisador que tem defendido a importância da História e da Filosofia no Ensino das Ciências é Michael Matthews que nos seus trabalhos sobre esse assunto defende esses conteúdos no ensino de Ciências.

Ensinar sobre as ciências inclui tanto a discussão da dinâmica da atividade científica e de sua complexidade manifestada no processo de geração de produtos da ciência (hipóteses, leis, teorias, conceitos etc.) quanto à validação e divulgação do conhecimento científico, envolvendo alguma compreensão da dinâmica inerente a sua legitimação. (Oki e Moradillo, 2008, p.69).

Para se produzir conhecimento científico é necessário um olhar sobre suas bases históricas. Dessa forma a História da Ciência pode ser considerada uma ferramenta que pode ser utilizada como recurso enriquecedor na área de ensino, pois pode auxiliar na compreensão de questões sobre Natureza da Ciência (NdC). Essa forma de ver a História da Ciência no Ensino de Ciências possibilita uma alternativa mais elaborada de conceber Ciência, evitando assim, aquilo que é considerado uma deficiência no ensino atual, por exemplo, aceitação de argumentos de autoridade e modismos (LEITE e PIOVESAN, et al., 2010).

É importante ressaltar o valor que a HFC representa no desenvolvimento de concepções mais elaboradas de alunos e professores e para a humanização do ensino científico, afastando dessa forma, visões simplistas sobre a Natureza da Ciência, como conceber a Ciência como verdadeira, feita por super humanos e acima do bem e do mal.

Existem duas maneiras de abordar NdC no processo de ensino aprendizagem, são elas: as abordagens implícita e explícita, sendo a primeira uma abordagem mais velada sobre questões que trata a ciência como uma cultura dos homens, e por isso passível de erros e acertos, ou seja, não existe uma ciência salvadora e detentora de verdades absolutas. Trabalhos realizados com essas características devem possibilitar ao aluno a inclusão em atividades problematizadoras sobre a prática científica. Já a explícita, os objetivos e materiais instrucionais são tratados diretamente de forma a incluir a discussão dos conteúdos epistemológicos na abordagem.

De acordo com Prestes e Caldeiras (2009), a História da Ciência é considerada um conhecimento indispensável para a humanização da ciência e para a evolução cultural, sendo capaz de unir ciência e sociedade. Neste âmbito, uma vasta literatura discute o papel que a História e Filosofia da Ciência cumpre no ensino, suas contribuições para a humanização do ensino, facilitando de tal modo uma mudança de concepção sobre ciência e os desafios da mesma nos níveis de ensino.

Para Goulart (2005), a História da Ciência se mostra como elemento desafiador, motivador, mediador, articulador e integrador no processo de construção de conhecimento científico pelo aluno. O autor afirma que a história da ciência é o legítimo foro de investigação de seus fundamentos.

A História da descoberta de um conceito mostra não somente como o conceito foi criado, mas, sobretudo, seu porquê; a História mostra as questões para cujas soluções o conceito foi introduzido, revela o quê o conceito faz na teoria, sua função e seu significado. A História revive os elementos do pensar de uma época, revelando, pois, os ingredientes com que o pensamento poderia ter contado na época em que determinada conquista foi feita. Ela desvenda a lógica da construção conceitual; nesse esforço, ela revela, também, os “buracos lógicos” que o conceito preenche, revivendo o próprio ato intelectual da criação científica (Goulart, 2005, p. 2).

Sabendo do importante papel da História da Ciência na compreensão dos conceitos científicos e como os debates entre cientistas podem evidenciar questões sobre NdC, principalmente quando estes mostram argumentações sobre os resultados experimentais e teorias geradas nos estudos, propusemos uma pesquisa bibliográfica, que consiste na análise de documentos de possessões científicas. Visando assim, identificar quais são as controvérsias históricas existentes entre os constructos teóricos desenvolvidos por Luigi Galvani e Alessandro Volta na formulação do conceito de pilha eletroquímica.

A escolha do tema Pilha se deu em virtude da pouca discussão sobre a construção histórica do conceito de pilha. Baseado no tema, realizamos um levantamento na Química Nova (QN) e Química Nova na Escola (QNEsc) de alguns artigos que podem cooperar para o debate, contribuindo dessa forma para uma abordagem mais problematizadora na sala de aula.

No levantamento feito na QNEsc encontramos dois artigos, foram eles: “O bicentenário da invenção da pilha elétrica” e “A eletricidade e a química”.

O artigo intitulado “O bicentenário da invenção da pilha elétrica”, que tem como autores Mario Tolentino e Romeu C. Rocha Filho, não explora os contra-argumentos entre Alessandro Volta, que defendia uma eletricidade de origem metálica, e Luigi Galvani que defendia a existência de uma eletricidade sobrevinda dos corpos de animais. Neste artigo

encontra-se parte da história da invenção da pilha elétrica mostrando experimentos de cientistas que compuseram as bases da eletroquímica (TOLENTINO e ROCHA-FILHO, 2000).

Outro artigo é de Maria da Conceição Marinho Oki (2000) intitulado “A eletricidade e a química”, são destacados vários pontos importantes, tais como: a importância da eletricidade no desenvolvimento das sociedades humanas, ressaltando o valor que a história desempenha no aperfeiçoamento das percepções de alunos e professores facilitando a mudança de concepções entre os mesmos. Neste artigo também são abordadas as primeiras idéias sobre a eletricidade e seus significativos avanços que vão desde a formulação dos conceitos até a compreensão do fenômeno elétrico. Todavia esse artigo somente apresenta as ideias dos cientistas que estudavam eletricidade na época sem tecer maiores relações contrastante entre os trabalhos de Galvani e Volta.

Apesar de ser uma revista de renome, no levantamento feito na Química Nova não encontramos nenhum artigo que tivesse relação com o nosso trabalho.

A utilização desses artigos em sala de aula a nosso ver contribui de forma significativa no processo de aquisição dos conhecimentos, pois estes abordam os conteúdos dando ênfase a sua história, mostrando a forma de como surgiram tais conceitos, os procedimentos que foram feitos até se chegar aos resultados que hoje são utilizados, tudo isso permite ao aluno a construção de um conhecimento original, sem repetições, e não um conhecimento baseado apenas na memorização de fórmulas e na transferência de informações repetitivas.

Isso posto, justifica-se um trabalho com bases em pesquisa bibliográfica buscando evidenciar o contexto histórico científico sobre eletricidade advindas das transformações químicas. Nesse sentido, realizamos um estudo histórico sobre a construção do conceito de eletricidade e visando abordar tal conteúdo em sala de aula, mencionamos¹ a existência de um debate entre Luigi Galvani e Alessandro Volta a fim de identificar as controvérsias a cerca da origem da eletricidade. Galvani dedicou seus trabalhos a eletricidade animal, defendendo a existência de uma eletricidade advinda dos corpos de animais. Já Alessandro Volta apresentando discordâncias em relação aos trabalhos de Galvani propôs a possibilidade de outro “tipo de eletricidade” desta vez uma eletricidade de origem metálica. Procuramos também, descrever o experimento feito por Alessandro Volta, o qual tinha o desejo de mostrar

¹ É importante ressaltar que não houve um debate entre os cientistas Luigi Galvani e Alessandro Volta a cerca da origem eletricidade. A ideia desse debate foi criada por nós no intuito de identificar as controvérsias existente entre esses cientistas.

evidências decisivas sobre o poder dos metais na eletricidade artificial, também apresentaremos a contribuição de seu experimento na história da eletricidade.

O desenvolvimento de nossa pesquisa foi feito utilizando trabalhos considerados de fontes secundárias, pois se tratam de obras resultantes de análises primeiras de outros documentos e/ou objetos, ou seja, já foram analisadas por outros estudiosos e que já têm certo domínio do conhecimento científico.

2. AS FONTES

Quando decidimos fazer um trabalho de pesquisa uma das etapas importantes é a escolha dos documentos que iremos utilizar para coletar os dados referentes ao tema escolhido. Normalmente costuma-se classificar esses documentos em fontes primárias, material da época estudada e que geralmente são produzidos com interferência direta do próprio autor da pesquisa, são documentos que contêm informações originais (livros impressos, teses, folhetos, artigos, manuscritos) e secundárias, obras que já foram trabalhadas por outros estudiosos e que já têm certo domínio do conhecimento científico (bibliografias e estudos) tanto as fontes primárias como as secundárias podem ser “publicadas ou inéditas” e é o tipo de fonte utilizada que irá classificar nossa pesquisa em documental ou bibliográfica (MARTINS, 2005).

Ao falar em pesquisa documental estamos nos referindo a um tipo de pesquisa onde a coleta dos dados é feita por meio de materiais que ainda não receberam nenhum tratamento científico, são fontes primárias. Esse tipo de pesquisa requer do pesquisador um trabalho cuidadoso, pois se tratam de documentos originais produzidos por um único autor e geralmente únicos. Esse tipo de documento é comumente chamado de manuscritos. Um tipo de pesquisa muito próximo da pesquisa documental é a pesquisa bibliográfica, esta utiliza como matérias para coletar os dados, fontes que já são do conhecimento científico, ou seja, fontes secundárias. Este tipo de pesquisa tem por finalidade proporcionar aos pesquisadores um contato direto com documentos que tratam do tema escolhido (LIMA, CRISTIANE, *et al.*, 2007; MARTINS, 2005; SILVA, ALMEIDA e GUINDANI, 2009).

Tanto a pesquisa documental como a bibliográfica tem o documento como elemento de investigação, o documento a ser usado como fonte de pesquisa pode ser escrito ou não escrito, como filmes, vídeos, fotos. Esses documentos são utilizados como fonte de informações e

esclarecimentos para explicar determinadas questões que são de interesse do pesquisador. Sendo assim fica claro que o elemento diferenciador da pesquisa documental e da bibliográfica é a natureza das fontes utilizadas (SILVA, ALMEIDA e GUINDANI, 2009).

Devido ao fato de termos acesso mais fácil a fontes secundárias, para o desenvolvimento de nossa pesquisa utilizamos como recurso técnico a pesquisa bibliográfica a qual tem como principal técnica a leitura, pois é através de contínuas leituras que conseguimos identificar as informações e os dados contidos no material selecionado.

Adotando como recurso da pesquisa o banco de dados do Google Acadêmico e do Scielo utilizamos as seguintes palavras-chaves: pilha eletroquímica, Luigi Galvani e Alessandro Volta. Dessa forma encontramos trabalhos sérios em homepages de Universidades e Museus virtuais.

Importante destacar o museu virtual "*Alessandro Volta Vita e Opere di Un Illustre Comasco*" que foi inaugurado no bicentenário da invenção da denominada pilha, pois se trata de um espaço que informações sobre a vida e obra de Alessandro Volta, inclusive sobre o seu debate com Galvani.

3. CONTROVÉRSIAS HISTÓRICAS SOBRE ELETRICIDADE

Sabendo que a História da Ciência pode ser considerada uma ferramenta a ser utilizada como recurso enriquecedor nas áreas de ensino e que a mesma nos permite conhecer a História daquilo que estamos a investigar, levando a um conhecimento mais original e sem repetições, abordaremos um pouco da história da eletricidade em que citamos o nome de alguns estudiosos e suas contribuições para os avanços significativos. Dentre os estudiosos que deram suas contribuições nesta área da Ciência demos uma ênfase maior aos trabalhos de Luigi Galvani e Alessandro Volta.

Luigi Galvani (1737-1798) nasceu em Bolonha na Itália, no dia 9 de setembro de 1737. Quando jovem pensava em dedicar-se ao sacerdócio, mas foi atraído pelas ciências naturais. Estudou medicina, dedicando-se em particular aos estudos anatômicos. Aos 22 (vinte e dois) formou-se médico e três anos depois, foi nomeado professor de Anatomia na Universidade de Bolonha. Quando médico realizou importantes estudos de anatomia comparada entre os aparelhos urinário e genital, e ainda entre órgãos do olfato e da audição. Em 1762 defendeu

sua tese de doutorado sobre a formação e o desenvolvimento dos ossos e neste mesmo ano casou-se com Lúcia Galeazzi, filha de seu professor de cirurgia. Em 1772 tornou-se presidente da academia de ciências de Bolonha. Quando dirigiu seus trabalhos sobre eletricidade dividiu seus estudos em quatro etapas, expondo suas teorias sobre a eletricidade animal (E- BIOGRAFIAS, acesso em: 01 Novembro 2012).

Alessandro Volta nasceu em Como em 18 de Fevereiro de 1745. Volta iniciou seus estudos em sua terra natal e como era de interesse de seus pais Filippo Volta e Donna Maddalena que seguisse a carreira sacerdotal, Volta foi estudar em uma escola de Jesuítas onde se destacou entre os colegas. Mesmo sendo do interesse de seus pais que seguisse a carreira sacerdotal, Alessandro Volta se sentia atraído mesmo era por Química e aos 14 (quatorze) anos desistiu de estudar as escolas dos Jesuítas. Tendo deixado os Jesuítas Volta terminou seus estudos no seminário Real Benzi em como. Após completar seus estudos, Volta se envolveu profundamente nos estudos de Física e Química e aos 18 (dezoito) anos iniciou a correspondência científica e aos 24 (vinte e quatro) anos escreveu a sua primeira memória científica sobre a garrafa de Leyden² e depois foi nomeado professor de Física na Real Escola de Como. Em 1779 tornou-se professor de Física Experimental na Universidade de Paiva, sendo eleito reitor em 1785. Na área da eletricidade, iniciou seus trabalhos experimentais depois de ler as publicações dos experimentos de Galvani e, à medida que realizava suas atividades, apresentou certas discordâncias em relação aos resultados experimentais dos trabalhos deste. Volta então, sugeriu a possibilidade da existência de outro tipo de eletricidade desta vez uma de origem metálica (MOLTENI, 1999; GUEDES, 1999).

Para tentar mostrar evidências concretas em relação a esse tipo de eletricidade Alessandro Volta realizou um experimento que permitiu gerar eletricidade, a chamada pilha voltaica, considerada um instrumento valioso criado pelo homem, e que deu ao cientista um grande reconhecimento. Nas etapas a seguir descreveremos de forma detalhada os experimentos realizados por Luigi Galvani e Alessandro Volta e citaremos as contribuições de ambos para a eletricidade.

3.1. Eletricidade advinda das transformações químicas.

Inicialmente descrita na antiguidade grega, séculos antes da era cristã, a eletricidade é considerada uma das formas de energia que teve importância significativa para o

² É um tipo de capacitor de alta tensão de uso comum em eletrostática. Este dispositivo é capaz de armazenar energia elétrica.

desenvolvimento técnico científico ao longo dos tempos. Antes do século XVI o tema eletricidade era considerado um fenômeno de pouca importância, mas que despertava curiosidade em alguns investigadores, entre as investigações realizadas nessa época, a de maior destaque foi a de William Gilbert (1544-1603), físico e médico da corte da rainha Elisabeth da Inglaterra. Este foi um dos pioneiros nos estudos relacionados a fenômenos magnéticos e também um dos primeiros a aceitar a teoria heliocêntrica de Copérnico – esta teoria tinha a ideia de que o Sol estava no centro do universo e que a Terra girava em torno dele (E. STEINER, 2006; OKI, 2000; TOLENTINO e ROCHA-FILHO, 2000). Na ocasião, Gilbert atritou uma grande quantidade de substâncias, entre essas estava o vidro, o enxofre, laca³ e pedras preciosas a partir disso foi possível perceber que estas passaram a atrair corpos leves, demonstrando então ser incoerente a hipótese de achar que a capacidade de atrair corpos leves após ser atritado fosse propriedade exclusiva do âmbar (resina fóssil originária de uma espécie extinta de pinheiro que friccionado com tecidos de seda, adquire a capacidade de atrair pedaços de palha), sendo assim denominou eletricidade como sendo a força exercida pelos corpos atritados (ASSIS, 2010).

Foi no decorrer dos séculos XVII e XVIII, que um amplo campo de pesquisa sobre a eletricidade se intensificou e vários cientistas se interessaram por este fenômeno, entre esses: Otto Von Guericke e Stephen Gray (OKI, 2000).

Otto Von Guericke (1602–1686), Físico alemão que se sagrou pelo estudo do vácuo e da eletrostática, diante da necessidade de acumular mais eletricidade para seus experimentos, usou, em 1672, uma substância chamada enxofre⁴, que apresentava oferecer os mesmos efeitos do âmbar quando atritados. Sendo assim Guericke construiu uma esfera de enxofre a qual consistia de um eixo central montado sobre um suporte de madeira e que girava sobre ele. A eletrização era obtida com o atrito contínuo da esfera de enxofre com as mãos, com a construção desta, obteve maiores quantidades de eletricidade e a partir daí estava inventada a primeira máquina eletrostática (Figura 1) (CAMILLO, 2006; JUNIOR, 2008).

³ Substância resinosa vermelho-escura deixada em certas espécies de árvores e arbustos do Oriente por insetos da espécie *Kerria lacca*

⁴ No experimento foi utilizado materiais que continham em sua composição a substância enxofre. Neste caso foi utilizado o enxofre devido a sua capacidade de “receber” elétrons de outros materiais. Por isso, dizemos que o material que “recebe” os elétrons fica com uma carga negativa, e aquele que perde elétrons fica com a carga positiva. Esta é uma forma de eletrizar um corpo e que chamamos de eletrização por atrito.

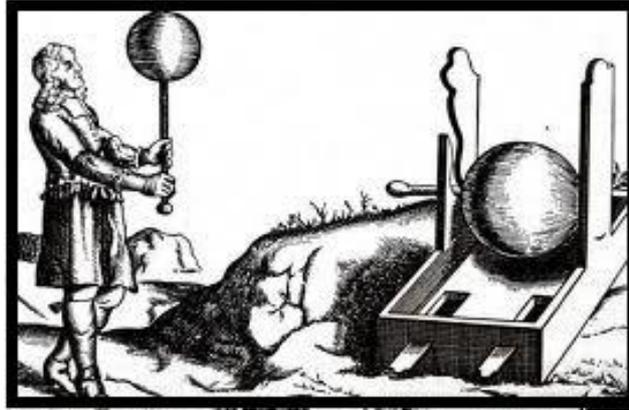


Fig. 1: Guericke com sua esfera.

Fonte: ASSIS, 2010.

Stephen Gray, (1666–1736), importante pesquisador do século XVIII e deu grandes contribuições na área da astronomia e da eletricidade. Usando tubos de “*flint-glass*”⁵ realizou uma série de experiências, entre essas estava a que friccionou tubos de flint-glass, com mais ou menos um metro de comprimento (Figura2), que lhe permitiu observar a atração de pequenos objetos, porém, após certo tempo, a capacidade de atrair objetos se desfazia. Essa observação levou Gray a imaginar que isto se devia ao fato do fluido elétrico esvaecer. Assim, Gray fechou as extremidades do tubo com rolhas de cortiça, também observando que os pequenos objetos eram atraídos pelas rolhas uma vez que o tubo fosse carregado. A partir daí passou-se a utilizar a expressão corrente elétrica como designação da passagem de eletricidade, uma vez que se pode notar que a eletricidade produzida no vidro, por atrito através de um grupo de materiais, entre esses os metais, poderia ser transferida para outros corpos. Desta forma Gray conseguiu identificar a eletricidade existente nos metais.

Após a morte de Stephen em 1736, Jean Théophile Desaguliers continuou seus experimentos e nomeou condutores os materiais que permitiam o transporte de eletricidade (CINDRA e TEIXEIRA, 2005; JUNIOR 2008). Nessa época, vários conceitos foram formulados baseados na filosofia mecânico-corpúscular, a eletricidade era considerada um fluido capaz de circular através de condutores, como também era imaginada como uma espécie de fluido invisível e sem peso, que podia acontecer de um corpo para outro, tudo isso poderia ser considerado um grande avanço nas Ciências Naturais (OKI, 2000).

⁵ Vidro a base de chumbo



Fig.2: Experimento de Stephen Gray

Fonte: ASSIS, 2010.

Apesar de terem ocorrido alguns avanços significativos, a natureza da eletricidade não estava bem esclarecida. O uso de cargas elétricas em movimento, ou seja, a eletricidade dinâmica era considerada de difícil aceitação nessa época. Contudo, essa situação começa a se modificar com os estudos do professor de anatomia da Universidade de Bolonha (Itália), Luigi Galvani (1737-1798), que dedicou seus trabalhos a eletricidade animal, defendendo assim a existência de uma eletricidade advinda dos corpos de animais (OKI, 2000; MOLTENI, 1999).

Sempre dirigindo seus trabalhos a eletricidade animal, Galvani (1737–1798), orientado pelo seu pai o médico Domenico, Galvani entrou na Universidade de Bolonha e, com apenas 22 anos de idade, finalizou o curso de medicina. Em 1762, ocupou a cátedra de anatomia na universidade de Bolonha, Galvani realizou importantes estudos de anatomia comparada sobre os aparelhos urinário e genital, os órgãos do olfato e da audição, dividindo seus estudos em quatro etapas expondo assim suas teorias sobre a eletricidade animal. Nas duas primeiras etapas, ele realiza experiências utilizando uma máquina eletrostática (dispositivo capaz de produzir eletricidade estática – que ocorre devido ao acúmulo de cargas elétricas, podendo se manifestar em qualquer objeto) e descargas atmosféricas (fenômenos relacionados com atividades de trovoadas). Na terceira etapa, descreve as experiências e, por fim, na quarta parte Galvani expõe suas teorias sobre os fenômenos observados durante a realização de suas experiências (MOLTENI, 1999). Os detalhes das etapas serão apresentados a seguir.

Em Janeiro de 1781, utilizando uma máquina eletrostática como equipamento de auxílio na primeira etapa de seus estudos (Figura 3), Galvani trabalhou com uma rã dissecada. Na ocasião, ao tocar a ponta do bisturi nos nervos da perna da rã, o cientista percebeu que uma intensa retração ocorria nos músculos do animal. Esse fenômeno levou Galvani à suposição de que isso só acontecia quando a máquina eletrostática estava em funcionamento, ocasionando um fechamento de circuitos de caráter elétrico (TOLENTINO e ROCHA-FILHO, 2000).



Fig. 3: Dispositivo de Galvani

Fonte: http://www.fgm.it/documenti/collezione/dispositivi_galvaniani.pdf. Acesso em: 23 Maio 2012.

Anos depois, Galvani realizou a segunda etapa de suas investigações, desta vez tinha como finalidade observar se faíscas elétricas advindas das descargas atmosféricas (raios) tinham o mesmo efeito da máquina eletrostática. Nesta etapa, o cientista acoplou as pernas da rã dissecada em um fio e amarrou as pontas do mesmo em um ponto alto de sua casa (figura 4), após ter ocorrido alguns relâmpagos também foi observado à presença de retrações nos músculos do animal (TOLENTINO e ROCHA-FILHO, 2000).

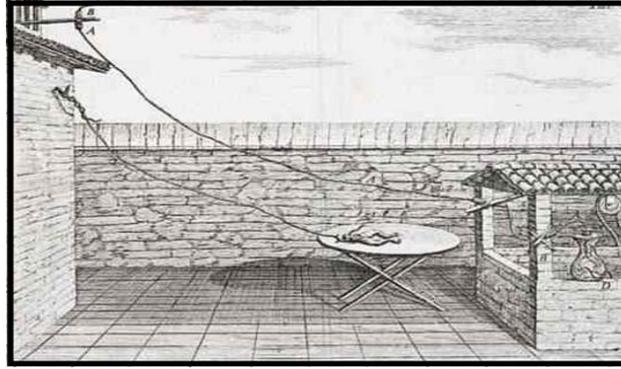


Fig. 4: Experiência atmosférica

Fonte: <http://www.geocities.ws/saladefisica9/biografias/galvani.html>. Acesso em: 27 Maio 2012

Visto que as descargas atmosféricas nos dias de tempestades produziam retrações no animal, Galvani partiu para avaliar se em dias calmos a eletricidade da atmosfera também poderia causar contrações no animal. Então, em 1786, Galvani pendurou parte do corpo da rã em uma grade de ferro presa a um gancho de metal. Passado algum tempo não houve indícios de contrações. Com base nesses resultados, ele partiu para a manipulação do corpo do animal, e ao apertar a grade de ferro nos ganchos de metal onde estavam presos parte do corpo da rã, ele notou que ocorreram retrações na perna da rã (TOLENTINO e ROCHA-FILHO, 2000).

A partir dessas observações, Galvani chegou à conclusão que as retrações musculares ocorriam todas as vezes que um arco metálico entrava em contato com os nervos da perna da rã (Figura 5) e que entre o nervo e o músculo do animal existia um desequilíbrio de fluido elétrico. O arco metálico permitia o restabelecimento do equilíbrio e as substâncias do nervo da rã atuavam como condutor de eletricidade demonstrando assim a existência de uma eletricidade animal (TOLENTINO e ROCHA-FILHO, 2000; MOLTENI, 1999).

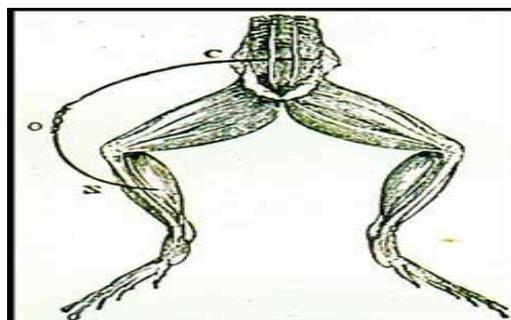


Fig. 5: Experiência da rã

Fonte: MOLTENI, 1999.

Passado 10 anos de suas verificações, Galvani descreveu suas investigações sobre a eletricidade animal em sua monografia “*De Viribus Electricitatis in Motu Musculari*” a qual foi divulgada para os principais centros científicos da Europa, continente que no passado foi centro de grandes civilizações e, no século XVIII, passou por momentos marcantes em relação ao conhecimento científico. O espírito científico baseado na experimentação, razão e observação proporcionou o desenvolvimento do Iluminismo e marcou a produção científico-cultural, por exemplo, a física de Newton, a filosofia de Locke, as ideias dos enciclopedistas (TOLENTINO e ROCHA-FILHO, 2000; OLIVEIRA, 2006).

O relato das experiências de Galvani chega às mãos de Alessandro Volta em 1786, e ao enveredar nos estudos e experimentação com base nos trabalhos de Galvani, expressou admiração pela grande descoberta da eletricidade animal. Volta, ao passo que realizava as atividades, com base nos resultados experimentais, foi apresentando certas discordâncias em relação aos resultados experimentais dos trabalhos de Galvani, inclusive no que tange a exclusividade da eletricidade ser de origem animal. Surgia assim outra possibilidade de eletricidade. Assim estabeleceu-se então um debate entre Luigi Galvani e Alessandro Volta.

Envolvido na disputa acirrada com Galvani, que defendia a eletricidade advinda de animais, Volta utilizou um experimento que empregava de metais como zinco, prata, chumbo, cobre e estanho.

Diferentemente de Galvani, que defendia a existência de uma eletricidade advinda de animais e que para isso realizou suas experiências utilizando como auxílio uma máquina eletrostática e descargas atmosféricas, o dispositivo testado por Volta consistia no empilhamento alternado de discos de cobre ou prata, zinco e discos embebidos em uma solução de sal. O empilhamento era feito da seguinte forma: colocava-se um disco de prata ou cobre, e sobre esse um disco de zinco; sobre o disco de zinco era colocado o disco embebido na solução de sal; depois do disco embebido era colocado outro disco de prata ou cobre, acima dele um de zinco e posteriormente o disco embebido, esse procedimento foi realizado com aproximadamente 30 discos de zinco, prata ou cobre e discos umedecidos. No final do empilhamento eram ligados fios de metais a fim de conduzir a eletricidade produzida no dispositivo (Figura 6) (TOLENTINO e ROCHA-FILHO, 2000; MAGNAGHI e ASSIS, 2008).

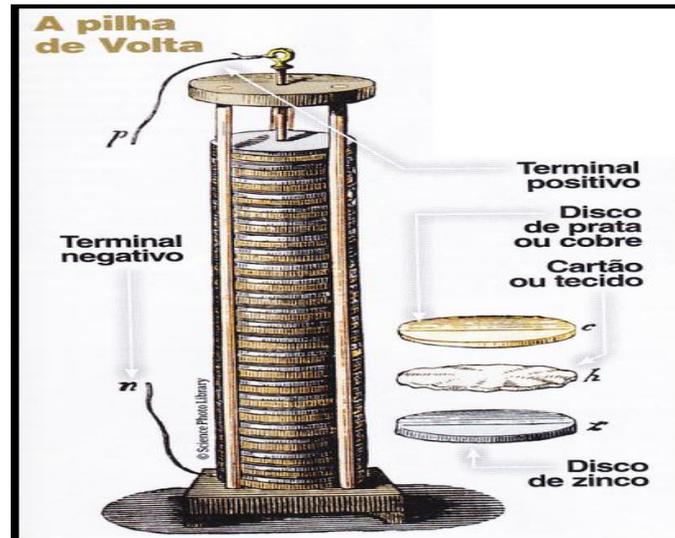


Fig.6: Modelo da pilha de Alessandro Volta

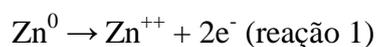
Fonte: <http://conceicaoferreira75.blogspot.com.br/2012/02/primeira-bateria-eletrica.html>. Acesso em : 27 Maio 2012

Com a realização desse empilhamento Alessandro Volta foi capaz de mostrar evidências decisivas sobre o poder dos metais na produção da eletricidade, estava então descoberto por volta do ano 1800 o primeiro gerador eletroquímico capaz de conduzir uma corrente elétrica contínua, a qual se manifestava na forma de pequenas faíscas ou de choques. Esse gerador era a denominada pilha Voltaica, assim chamada devido ao modo como foi organizada.

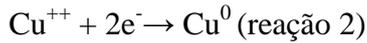
A produção de energia na pilha ocorre como consequência de uma reação química chamada de ‘óxido-redução’, a qual é muito comum na natureza e responsável, entre outras coisas, pela oxidação dos metais sob a ação da atmosfera. Na denominada pilha Voltaica o funcionamento ocorre da seguinte forma (MAGNAGHI, 2006):

Ao colocar uma barra de zinco (Zn) e uma barra de cobre (Cu) em uma solução de água com sal (chamada eletrólito), observa-se que tanto o Zn como o Cu tem tendência de perder elétrons. Porém a tendência de perder elétrons do zinco é mais forte do que a do cobre (se diz então que o cobre é mais eletronegativo que o zinco). Portanto, ao fechar externamente o circuito com um fio condutor, verifica-se um fluxo de elétrons entre as barras de zinco e de cobre. Nesse caso estão envolvidas as seguintes reações químicas:

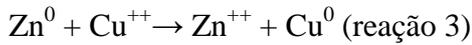
No polo negativo (ânodo), ocorre a reação de oxidação.



No polo positivo (cátodo), ocorre a reação de redução.



A reação total desse processo é à seguinte equação química:



O estudo químico desta reação mostra que o motivo pelo qual, ao se fechar o circuito externo de uma pilha, a corrente elétrica começa a fluir automaticamente é exatamente pelo fato de esta ser uma reação espontânea. A energia química desenvolvida por esta reação é a responsável pela geração da corrente elétrica e pela energia elétrica a ela associada (MAGNAGHI, 2006).

Enquanto na primeira etapa dos trabalhos de Galvani as retrações ocorridas nos músculos do animal (rã) só aconteciam quando a máquina eletrostática estava em funcionamento e na segunda etapa as retrações ocorriam todas as vezes que um arco metálico entrava em contato com os nervos da perna da rã, a corrente elétrica produzida na denominada pilha voltaica dependia da quantidade de discos que seriam alternados como também do metal que estava sendo utilizando, pois nem todos os metais tinham o mesmo comportamento, alguns possuíam maior eficiência do que outros (OKI, 2000; MOLTENI, 1999).

Em 20 de Março de 1800, Alessandro Volta, teve a ideia de escrever uma carta para Joseph Banks, presidente da Royal Society⁶ de Londres (Figura 7), comunicando a invenção da pilha Voltaica. Esta que lhe rendeu um grande sucesso internacional e lhe permitiu ter evidências decisivas sobre o poder dos metais na condução de corrente elétrica. Dessa forma, Volta contradiz as ideias de Galvani que ao realizar trabalhos na área da eletricidade defendeu a existência de uma eletricidade advinda de animais, pois em seus experimentos notou à presença de retrações nos músculos do animal, as quais segundo o próprio essas retrações musculares ocorriam todas as vezes que um arco metálico entrava em contato com os nervos da perna da rã.

⁶ Real Sociedade (TRADUÇÃO NOSSA)- Alessandro Volta escreveu uma carta para Joseph Banks, presidente da Royal Society comunicando a invenção da pilha.

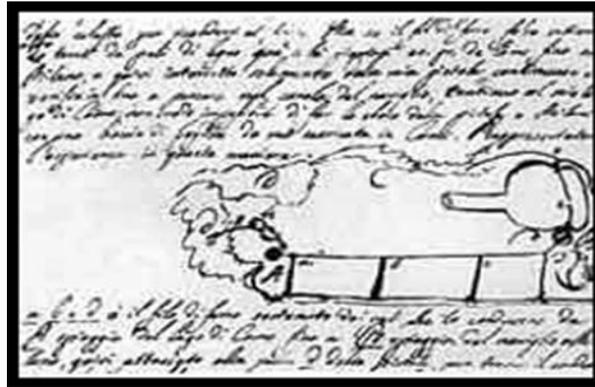


Fig. 7: Manuscrito da carta enviada a Royal London Society

Fonte: MOLTENI, 1999.

Trecho da carta de Volta ao presidente da Royal Society de Londres:

After a long silence, for which I shall offer no apology, I have the pleasure of communicating to you, and through you to the Royal Society, some striking results I have obtained in pursuing my experiments on electricity excited by the mere mutual contacts of different kinds of metal, and even by that of other conductors, also different from each other, either liquid or containing some liquid, to which they are properly indebted for their conducting power. The principal of these results, which comprehends nearly all the rest, is the construction of an apparatus having a resemblance in its effects (that is to say, in the shock it is capable of making the arms, &c. experience) to the Leyden flask, or, rather, to an electric battery weakly charged acting incessantly, which should charge itself after each explosion[...].⁷

The apparatus to which I allude, and which will, no doubt, astonish you, is only the assemblage of a number of good conductors of different kinds arranged in a certain manner. 30, 40, 60, or more pieces of copper, or rather silver, applied each to a piece of tin, or zinc, which is must better, and as many strata of water, or any other liquid which may be a better conductor, such as salt water, lye, &c. or pieces of pasteboard, skin &c. well soaked in these liquids; such strata interposed between every pair or combination of two different metals in an alternate series, and always in the same order of these three kinds of conductors, are all that is necessary for constituting my new instrument, which, as I have said, imitates the effects of the Leyden flask, or of electric batteries, by communicating the same shock as these do; but which, indeed, is far inferior to activity of these batteries when highly charged [...].⁸

⁷ Após um longo silêncio, eu tenho o prazer de comunicar através de você para a Royal Society, alguns resultados surpreendentes obtidos em perseguir meus experimentos em eletricidade animados com os contatos mútuos de diferentes tipos de metal, e até mesmo pelo de outros condutores, também diferentes uns dos outros, quer líquido ou contendo um líquido, para as quais eles são adequadamente débito para o seu poder de condução. O principal destes resultados, que compreende quase todo o resto, é a construção de um aparelho com uma semelhança nos seus efeitos (isto é, no choque que é capaz de tornar os braços, e c. Experiência) para o balão de Leyden, ou melhor, para uma bateria elétrica fracamente carregada agindo incessantemente, o que deve carregar em si depois de cada explosão [...] (TRADUÇÃO NOSSA).

⁸ O aparelho a que me refiro, e que irá, sem dúvida, surpreender você, é apenas o conjunto de uma série de bons condutores de tipos diferentes dispostos em uma determinada maneira. 30, 40, 60, ou mais peças de cobre, ou melhor, de prata, aplicada a cada a um pedaço de estanho ou zinco, que é necessário melhor, e como muitos estratos de água, ou qualquer outro líquido que pode ser um melhor condutor, tais como água salgada ou pedaços

Após um ano do envio da carta a Royal Society, Alessandro Volta foi convidado por Napoleão Bonaparte para ir a Paris, lá realizou experimentos e deu algumas palestras as quais contaram com a presença de grandes cientistas franceses e do primeiro cônsul da França Napoleão Bonaparte. Nesta ocasião A. Volta exibiu seu aparelho elétrico a Napoleão Bonaparte, o qual concedeu a Alessandro Volta o título de homem de Paiva, medalha de ouro e para incentivar os físicos a desenvolverem mais trabalhos no ramo da ciência elétrica e deu também uma quantia de 60.000 francos⁹ (MOLTENI, 1999).

Embora tenha sido uma descoberta marcante no desenvolvimento da ciência elétrica, a pilha voltaica apresentava algumas inconveniências, entre essas o fato dos discos embebidos secarem rapidamente comprometendo assim o fluxo elétrico a outra inconveniência era a presença frequente de curto-circuitos causados pelo derramamento de eletrólitos gerando a formação de bolhas de hidrogênio.

Para tentar resolver esses problemas, Volta propôs um novo método para organizar os elementos condutores, desta vez utilizou uma cadeia de corpos visando evitar o derramamento de eletrólitos causado pelos discos húmidos (Figura 8), nesta os discos embebidos na solução de sal foram trocados por recipientes que continham água salgada e cada um dos recipientes estavam ligados por arcos metálico, sendo um de cobre e outro de zinco (MOLTENI, 1999). Sem a participação de Volta, que já estava com idade avançada, outras modificações foram feitas, por exemplo, a adição de aditivos despolarizantes que tinham por finalidade reduzir a formação de bolhas de hidrogênio. Estas modificações feitas na pilha inventada Volta permitiram um aumento no fluxo elétrico e a eliminação do frequentes curtos - circuitos.

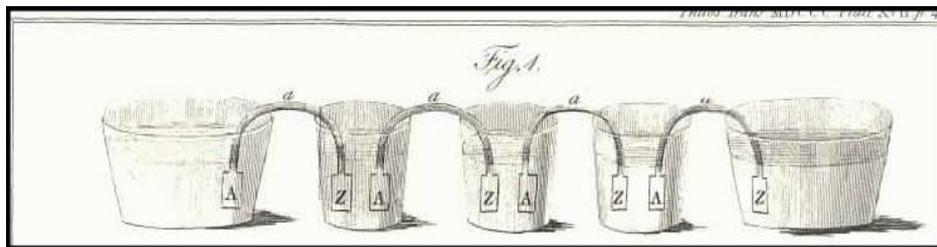


Fig. 8: Cadeia de corpos

Extraído de TOLENTINO e ROCHA-FILHO, 2000.

de pele de papelão, bem embebida nestes líquidos; estratos tais interpostas entre cada par ou uma combinação de dois metais diferentes em uma série alternativo, e sempre na mesma ordem destes três tipos de condutores, são tudo o que é necessário para o que constitui o meu novo instrumento, que, como eu disse, imita os efeitos do balão de Leyden, ou de baterias elétricas, comunicando o choque mesmo que estes fazem, mas que, na verdade, é muito inferior a atividade dessas baterias quando altamente carregada [...] (TRADUÇÃO NOSSA).

⁹ Meu objetivo especial é incentivar e fixar a atenção dos físicos neste ramo da física que é, na minha opinião, o caminho para grandes descobertas: diz Napoleão Bonaparte (TRADUÇÃO NOSSA).

Reconhecendo a grande contribuição de Alessandro Volta que além da invenção da pilha, também descobriu que todos os metais não apresentavam os mesmos comportamentos, pois alguns tinham maior eficiência para conduzir eletricidade do que outros ele elaborou uma lista que ficou conhecida como a série eletroquímica, nesta, ele colocou o nome dos metais em ordem crescente de eficiência na condução elétrica (Zinco, estanho, chumbo, ferro, cobre, platina, ouro, prata, grafite, carvão vegetal). As gerações estudiosos da eletricidade decidiram usar em homenagem a Alessandro Volta o “volt” como sendo a unidade de medida da força eletromotriz (MOLTENI, 1999).

4. CONCLUSÃO

Conhecer a história daquilo que é o nosso campo de estudo nos permite ser capaz de produzir um conhecimento original. Na realização do nosso trabalho tivemos como campo de estudo a eletricidade. Através de uma pesquisa bibliográfica conseguimos obter um conhecimento bastante significativo relacionado à história da eletricidade, tais como: as contribuições de alguns estudiosos para os estudos voltados aos fenômenos elétricos e conhecemos um pouco da história da invenção da pilha elétrica, pelo cientista Alessandro volta e suas controvérsias com Luigi Galvani tais controvérsias foram fundamentais para o surgimento da pilha, pois foi baseado nos estudos de Galvani que Volta iniciou seus trabalhos voltados a essa área da ciência.

Tendo em vista o quanto os estudos de Galvani e Volta foram importantes para o desenvolvimento da eletricidade, um ramo da ciência e da tecnologia que merece destaque e não ser omitido nas salas de aula, acreditamos que experimentos simples como o empilhamento feito por Alessandro Volta pode ser feito em sala de aula e a partir dele o professor discutir questões conceituais permitindo assim a construção de um conhecimento significativo.

5. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABRANTES, P. C. C. Problemas Metodológicos em Historiografia da Ciência. **Epistemologia e Ensino de Ciências**, Salvador, 2002. p.51-91.
- ASSIS, A. K. T. **Os Fundamentos Experimentais e Históricos da Eletricidade**. 1^a. ed. Canada: Apeiron Montreal , 2010.
- CAMILLO, J. **Geradores Eletrostáticos: Esfera de Enxofre de Otto von Guericke e Chuva Elétrica de Kelvin**. Instituto de Física – Unicamp. São Paulo, p. 1-38. 2006.
- CINDRA, J. L.; TEIXEIRA, O. P. B. A evolução das idéias relacionadas aos fenômenos térmicos e elétricos:algumas similaridades. **Cad. Brás. Ens. Fís**, Guaratinguetá - SP, 22, Dezembro 2005. p.379-399.
- e - Biografias**. Disponível em: <http://www.e-biografias.net/luigi_galvani/>. Acesso em: 01 Novembro 2012.
- E.STEINER, J. A origem do universo. **Estudos avançados**, 2006. p. 1-18.
- GOULART, S. M. História da Ciência: Elo da dimensão transdisciplinar no processo de formação de professores de ciência. **Educação na era do conhecimento em rede e transdisciplinaridade**, Campinas, SP, 2005. p. 1-9.
- GUEDES, M. V. **Bicentenário da Invenção da Pilha por Alessandro Volta**. Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto. p. 1-2. 1999.
- JUNIOR, L. A. F. **A história do desenvolvimento das máquinas eletrostáticas como estratégia para o ensino de conceitos de eletrostática**. Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, 2008. p. 1-55.
- LEITE, C. M. P. et al. Epistemologia e história da Ciência em Ecologia: o passo inicial na formação do ecólogo. **RBPG**, Brasília, 7, Dezembro 2010. 455 - 473.
- LIMA, S. D. et al. Procedimentos metodológicos na construção do conhecimento científico: a pesquisa bibliográfica. **Katálysis**, Florianópolis, v. 10, p. 37-45, 2007.
- 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. **Cad. Bras. Ens. Fís**, Campinas - SP, 25, Abril 2008. 118-140.
- MAGNAGHI, C. P. **Origem da Corrente Elétrica - A Invenção da Pilha**. UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS. Campinas, p. 1-20. 2006.
- MARTINS, L. A.-C. P. História da Ciência: Objetos, Métodos e Problemas. **Ciência e Educação**, 11, 2005. 305-317.
- MOLTENI, U. F. Alessandro Volta VITA E OPERE DI UN ILLUSTRE COMASCO. **VOLTA' LIFE AND WORKS**, 1999. Disponível em: <http://www.alessandrovolta.info/life_and_works_8.html>. Acesso em: 02 Abril 2012.
- MOLTENI, U. F. Alessandro Volta VITA E OPERE DI UN ILLUSTRE COMASCO. **INVENZIONI**, 1999. Disponível em: <http://www.alessandrovolta.info/vita_e_opere_2.html>. Acesso em: 02 Abril 2012 .

- OKI, M. D. C. M. A Eletricidade e a Química. **QNEsc**, São Paulo, n.12, p. 34-37, Novembro 2000.
- OKI, M. D. C. M.; MORADILLO, E. F. D. O Ensino de História da Química: Contribuindo para a compreensão da Natureza da ciência. **Ciência e Educação**, Ondina - Salvador, Ba, 14, 2008. 67-88.
- OLIVEIRA, A. T. P. D. **Literatura Brasileira Teoria e Prática**. 1ª. ed. São Paulo: RIDEEL, 2006.
- PRESTES, M. E. B.; CALDEIRA, A. M. D. A. Introdução. A importância da história da ciência na educação científica. **Filosofia e História da Biologia**, São Paulo, 4, 2009. 1-16.
- SILVA, J. R. S.-; ALMEIDA, C. D. D.; GUINDANI, J. F. Pesquisa documental: pistas teóricas e metodológicas. **Revista Brasileira de História e Ciências Sociais**, p. 1-13, Julho 2009.
- TOLENTINO, M.; ROCHA-FILHO, R. C. O Bicentenário da Invenção da Pilha Elétrica. **QNEsc**, São Paulo, n .11, p. 35-39, Maio 2000.