



UNIVERSIDADE ESTADUAL DE MARINGÁ
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM EDUCAÇÃO PARA A
CIÊNCIA E A MATEMÁTICA

MATEUS CARNEIRO GUIMARÃES DOS SANTOS

As Leis da Eletrólise: Uma Introdução Crítica aos Debates dos
Trabalhos de Carlo Matteucci e Michael Faraday

MARINGÁ – PARANÁ
2019

MATEUS CARNEIRO GUIMARÃES DOS SANTOS

**As Leis da Eletrólise: Uma Introdução Crítica aos Debates dos
Trabalhos de Carlo Matteucci e Michael Faraday**

Dissertação de mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Educação para a Ciência e a Matemática do Centro de Ciências Exatas da Universidade Estadual de Maringá, como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Educação para a Ciência e a Matemática.

Orientador: Profa. Dra. Neide Maria Michellan
Kiouranis

MARINGÁ - PR
2019

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
(Biblioteca Central - UEM, Maringá, PR, Brasil)

S237L Santos, Mateus Carneiro Guimarães dos
As leis da eletrólise : uma introdução crítica
aos debates dos trabalhos de Carlo Matteucci e
Michael Faraday / Mateus Carneiro Guimarães dos. --
Maringá, 2019.
84 f. : il. (algumas color.)

Orientador (a): Prof.a Dr.a Neide Maria Michellan
Kiouranis.

Dissertação (Mestrado) - Universidade Estadual de
Maringá, Centro de Ciências Exatas, Programa de Pós-
Graduação em Educação para a Ciência e a Matemática,
2019.

1. História e Filosofia da Ciência. 2. Carlo
Matteucci. 3. Leis da eletrólise. 4. Ensino de
Ciências. 5. Ensino de Química. I. Kiouranis, Neide
Maria Michellan, orient. II. III. Universidade
Estadual de Maringá. Centro de Ciências Exatas.
Programa de Pós-Graduação em Educação para a Ciência
e a Matemática. IV. Título.

CDD 21.ed.507

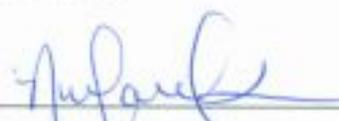
MAS-CRB 9/1094

MATEUS CARNEIRO GUIMARÃES DOS SANTOS

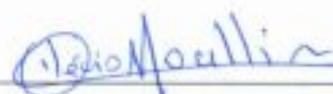
*As Leis da Eletrólise: uma introdução crítica aos debates dos
trabalhos de Carlo Matteucci e Michael Faraday*

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Educação para a Ciência e a Matemática do Centro de Ciências Exatas da Universidade Estadual de Maringá, como requisito parcial para a obtenção do título de Mestre em *Ensino de Ciências e Matemática*.

BANCA EXAMINADORA



Profa. Dra. Neide Maria Michellan Kiouranis
Universidade Estadual de Maringá – UEM



Prof. Dr. Ronei Clécio Mocellin
Universidade Federal do Paraná – UFPR



Prof. Dr. Marcos Cesar Danhoni Neves
Universidade Estadual de Maringá – UEM

Maringá, 15 de Janeiro de 2019.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente, gostaria de agradecer aos meus pais, Luiz Antônio Carneiro dos Santos, que desde muito cedo sempre incentivou e estimulou o meu caminho pela ciência e que, mesmo sem saber, foi um dos maiores influenciadores de minha paixão pela área de História e Filosofia da Ciência. À minha mãe, Valdete Carneiro Guimarães, pelo amor incondicional, que somente ela poderia me dar em todos estes anos, e por todas as discussões políticas, sociais, filosóficas e econômicas as quais me ajudaram, direta e indiretamente, na formação de meu eu professor-pesquisador e cidadão. Também devo creditar meus pais por todo o apoio financeiro e emocional que um pesquisador necessita ter para dar continuidade à sua pesquisa, principalmente, em tempos sombrios para a ciência e educação brasileira. Sem vocês eu NUNCA conseguiria.

Em segundo lugar, devo ser eternamente grato à minha namorada Desiree Wichineski pelo apoio incondicional em tudo que faço ou penso em fazer. Sem você, eu também não estaria aqui inteiro emocionalmente, principalmente, nos meses em que estava morando na Itália. Você é, sem dúvida, o meu maior presente e surpresa desde que pisei os pés em terras vermelhas. Obrigado por ser minha companheira e também por todos os papos filosóficos, políticos e econômicos que estão me moldando a cada dia. Te amo.

Em seguida, gostaria de agradecer aos meus mestres que, desde a graduação, inspiraram-me a seguir pela área de Ensino de Ciências. Meu muito obrigado ao Prof. Dr João Paulo Mendonça Lima (UFS) pelo primeiro contato com a área de Ensino de Química e, também, por acreditar e confiar em mim para o ingresso no PIBID. Meu muito obrigado também para o Prof. Dr Erivanildo Lopes Silva (UFS) que me apresentou a área de História e Filosofia da Química, sem as suas contribuições eu jamais saberia sobre a existência da área antes desta pesquisa. Já no mestrado, sou eternamente grato à minha querida orientadora, a Prof^a. Dra Neide Maria Michellan Kiouranis (UEM), que me acolheu como um filho desde a minha viagem para prestar o processo seletivo do mestrado na UEM. Posso afirmar, com toda certeza, que a UEM foi a melhor escolha possível e que muito disso é resultado de todas as suas orientações, aulas e discussões: desde a reelaboração do meu projeto de pesquisa até a finalização da dissertação. Sou grato também aos membros do Grupo de Pesquisa da Professora Neide, que me ajudaram incondicionalmente na revisão e análise crítica da

dissertação, principalmente, ao Prof. Dr Jaime da Costa Cedran (UTFPR), Prof. Msc Júlio Trevas (UFFS) e a Prof^a. Msc Flávia Bedin.

Não posso deixar de agradecer ao meu amigo Prof. Msc. Caio Tikaraishi Pierangeli (Unicesumar), pela ajuda com a tradução de alguns artigos diretamente do francês para o português.

Por fim, devo agradecer ao Prof. Dr Marcos Cesar Danhoni Neves (UEM) que, desde o primeiro contato, colocou-se inteiramente disponível para me ajudar no processo de pesquisa, na Itália, junto ao Museo Galileo e ao Prof. Dr Paolo Galuzzi.

Grazie mille al Prof. Dott Paolo Galluzzi e tutto lo staff del Museo Galileo per facilitare il mio accesso all'ampia collezione del museo. Vorrei anche ringraziare il Prof. Dott Paolo Rossi (UNIPI) per la disponibilità dell'intervista sui temi della mia ricerca.

*Una mattina mi son svegliato
 O bella ciao, bella ciao, bella ciao ciao
 ciao
 Una mattina mi son svegliato
 E ho trovato l'invasor*

*O partigiano portami via
 O bella ciao, bella ciao, bella ciao ciao
 ciao
 O partigiano portami via
 Che mi sento di morir*

*E se io muoio da partigiano
 O bella ciao, bella ciao, bella ciao ciao
 ciao
 E se io muoio da partigiano
 Tu mi devi seppellir*

*Mi seppellire lassù in montagna
 O bella ciao, bella ciao, bella ciao ciao
 ciao
 Mi seppellire lassù in montagna
 Sotto l'ombra di un bel fiore*

*E le genti che passeranno
 O bella ciao, bella ciao, bella ciao ciao
 ciao
 E le genti che passeranno
 Mi diranno: "Che bel fior"*

*È questo il fiore del partigiano
 O bella ciao, bella ciao, bella ciao ciao
 ciao
 È questo il fiore del partigiano
 Morto per la **libertà**.
 (Musica da resistència italiana- Anônimo)*

GUIMARÃES S., Mateus Carneiro. **As Leis da Eletrólise: Uma Introdução Crítica aos Debates dos Trabalhos de Carlo Matteucci e Michael Faraday**. 2019. 79 f. Dissertação (Mestrado em Educação para a Ciência e a Matemática) - Universidade Estadual de Maringá, Maringá, 2019.

RESUMO

Esta dissertação tem como foco a investigação da vida e dos constructos históricos sobre os estudos de eletrólise, do cientista italiano Carlo Matteucci. Tais estudos possuem como principal tema as Leis da Eletrólise, propostas por Michael Faraday, em 1833. A pesquisa é de natureza qualitativa voltada, principalmente, às fontes primárias e secundárias obtidas na biblioteca do Museo Galileo, em Florença, na Itália. Os dados foram constituídos a partir de fontes bibliográficas e documentais, sendo elas primárias e secundárias, buscando os temas: “eletrólise, Carlo Matteucci, eletricidade no século XIX” e, também, as contribuições de Faraday em tais feitos. Partimos do pressuposto de que tais discussões históricas podem contribuir com o ensino de Ciências, pela abordagem da História e Filosofia da Ciência, no sentido de oferecer subsídios para professores, alunos e pesquisadores que estejam dispostos a aprofundar didaticamente tais contribuições.

Palavras-chave: História e Filosofia da Ciência. Carlo Matteucci. Leis da Eletrólise. Ensino de Ciências. Ensino de Química.

GUIMARÃES S., Mateus Carneiro. **The Laws of Electrolysis: A Critical Introduction to the Debates of Carlo Matteucci and Michael Faraday Results.** 2019. 79 f. Dissertation (Master's degree in Science Education) - State University of Maringá, Maringá, 2019.

ABSTRACT

This thesis aimed to study the life and the historical constructs on the electrolysis studies of the Italian scientist Carlo Matteucci. Such studies have as main theme the Laws of Electrolysis proposed by Michael Faraday in 1833. The research was elaborated using the qualitative references focused mainly on the primary and secondary sources obtained in the library of the Galileo Museum in Florence, Italy. The data were collected and constituted from bibliographical and documentary sources, searching for the subjects of electrolysis, Carlo Matteucci, electricity in the nineteenth century and also the contributions of Faraday. We start from the assumption that such historical discussions can contribute to the teaching of sciences, through the approach of History and Philosophy of Science, as a subsidy for teachers, students and researchers who are willing to deepen these contributions.

Palavras-chave: History and Philosophy of Science. Carlo Matteucci. Laws of electrolysis. Science Teaching. Chemistry Teaching.

SUMÁRIO

RESUMO	6
ABSTRACT	7
1. INTRODUÇÃO	10
2. JUSTIFICATIVA PESSOAL E ACADÊMICA	12
3. PERCURSO METODOLÓGICO	14
4. HISTORIOGRAFIA DA CIÊNCIA	17
5 .RECORTE HISTÓRICO SOBRE A ELETRICIDADE	22
5.1 Percurso histórico de Tales a Davy	22
5.2 Michael Faraday	29
6. FARADAY E AS LEIS DA ELETRÓLISE	35
6.1 Sobre a Lei Científica	35
6.2 Experimental Researches in Electricity	36
7. CARLO MATTEUCCI	49
7.1 Infância e o Ateneo Forlivese	49
7.1.2 O contexto acadêmico vivenciado por Matteucci: a Universidade de Bolonha	51
7.1.3 Retorno a Forli e isolamento científico	55
7.1.4 Período em Paris	56
7.1.5 Novo retorno à cidade natal	57
7.1.6 Primeiro contato com Michael Faraday e a morte de Vincenzo	59
7.1.7 Trabalho em Florença	60
7.2 Carlo Matteucci e seu trabalho sobre eletrólise	63
CONSIDERAÇÕES FINAIS	74
REFERÊNCIAS	77

Lista de figuras e tabelas

Figura.1. O papel da historiografia e do historiador	18
Figura.2. Máquina Eletrostática do Século XVIII	24
Figura.3. Garrafa de Leyden do século XIX	26
Figura.4. Ilustração da Pilha de Volta	28
Figura.5. Revista científica de Nicholson	29
Figura.6. Livraria Riebau	32
Figura.7. Sumário do livro Experimental Researches in Electricity	38
Figura.8. Tabela de efeitos comuns das várias eletricidades	40
Figura.9. Ilustração do experimento	41
Figura.10. Volta-eletrômetro	43
Figura.11. Eletrômetro	44
Figura.12. Aparato do experimento com cloreto de estanho II	45
Figura.13. Tabelas dos equivalentes de cátions e ânions	48
Figura.14. Folha de rosto do primeiro artigo de Matteucci	54
Figura.15. Galvanômetro de tipo Nobili	55
Figura.16. Primeira página do artigo de Matteucci sobre a eletricidade animal	62
Figura.17. Primeira página do artigo de Matteucci sobre a eletrólise	64
Figura.18. Livro com dedicatória a Matteucci	72
Tabela.1. Fatos importantes de Michael Faraday	34
Tabela.2. Fontes dos diversos tipos de eletricidade	39
Tabela.3. Distribuição das disciplinas do curso de filosofia de bolonha	53

1. INTRODUÇÃO

Atualmente, o Ensino de Ciências sofre influência de uma antiga concepção pautada no sistema de transmissão e recepção do conhecimento, em que o aluno é considerado uma tábula rasa, sem opinião, sem voz e sem concepções científicas. Nesse sistema de ensino, o professor é o detentor maior do saber e tem voz dentro do ambiente da sala de aula. Não é necessário muito esforço para perceber que, nos dias atuais, tal sistema educacional se torna ultrapassado, retrógrado e até mesmo discriminador.

Muitos estudos têm sido feitos, nos últimos anos, para tentar sanar a problemática supracitada. Uma das abordagens que vêm sendo consideradas no ensino de Ciências, como possibilidade de mudar esse panorama, é a História e Filosofia da Ciência (HFC). Essa abordagem considera todo o contexto social, econômico, cultural e político de um cientista e sua teoria, proporcionando ao aluno uma maior aproximação com a Ciência e com o próprio cientista.

Matthews (1995) afirma que tal abordagem pode tornar as aulas de Ciência mais desafiadoras, reflexivas e, também, acabar com o “mar de falta de significado”, pois garante que “[...] fórmulas e equações são recitadas sem que muitos cheguem a saber o que significam” (p. 165). O autor também nos apresenta sete motivos para que a História e Filosofia da Ciência seja estudada, aprimorada e aplicada em situações de ensino escolar, universitário e capacitação de professores. São eles:

[...] (1) motiva e atrai os alunos; (2) humaniza a matéria; (3) promove uma compreensão melhor dos conceitos científicos por traçar seu desenvolvimento e aperfeiçoamento; (4) há um valor intrínseco em se compreender certos episódios fundamentais na história da ciência - a Revolução Científica, o darwinismo, etc.; (5) demonstra que a ciência é mutável e instável e que, por isso, o pensamento científico atual está sujeito a transformações que (6) se opõem a ideologia cientificista; e, finalmente, (7) a história permite uma compreensão mais profícua do método científico e apresenta os padrões de mudança na metodologia vigente (MATTHEWS, 1995, p. 172).

Tais concepções defendidas pelo autor são embasadas em diversos currículos e projetos escolares de vários países, como Bélgica, Inglaterra, País de Gales, Estados Unidos da América, Holanda e outros, que defendem a inserção da HFC no conteúdo escolar não só

como um conteúdo adicional aos demais e sim, como uma incorporação abrangente da HFC em conjunto com os temas já existentes.

No Brasil, também podemos visualizar alguns documentos oficiais do governo que abordam as concepções principais da HFC, tais como os Parâmetros Curriculares Nacionais para o Ensino Médio (PCNEM), Parâmetros Curriculares Nacionais (PCN) e Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional (LDB). Esses documentos apontam uma possível orientação para inserção da HFC nas aulas de Ciência, entretanto, não fazem uma discussão mais aprofundada acerca dos conteúdos que podem ser trabalhados pelo professor na perspectiva da HFC.

Apesar dessas evidências, existem argumentações contrárias à inserção da HFC no ensino de Ciências, como a de Klein (1972), conforme citado por Rozentalski (2018), que afirma que a simplificação da História da Ciência, ou do recorte histórico com foco educacionais, podem levar a mitos e anedotas que não seriam considerados história por um profissional da área. No entanto, essa é uma visão simplista da utilização da HFC no ensino. O que buscamos aqui é uma visão ampliada desses estudos, promovendo um olhar mais abrangente da ciência e do papel do cientista no seu próprio contexto histórico.

Sendo assim, um dos conteúdos que nos chama atenção, pela possibilidade de inserção da HFC no ensino de Ciências, mais especificamente no ensino de Química, é a eletrólise. Na literatura, muitos autores explicitam que nesse conteúdo a maior parte dos alunos apresentam dificuldades com questões de terminologia, abstração, reações e nomenclatura (GARNET; TREAGUST, 1992; OGUDE; BRADLEY, 1994; KARAMUSTAFAOGLU; MAMLOK-NAAMAN, 2015).

Concordamos com os autores no que se refere às dificuldades dos alunos, bem como à possibilidade de que a inserção dessa abordagem, ao desenvolver o conteúdo de eletrólise, possa diminuir as dificuldades mencionadas, facilitando a construção dos conceitos de maneira mais significativa, além de aplicá-los em diferentes situações da vida cotidiana.

Seguindo essa abordagem, este trabalho tem como objetivo um estudo historiográfico a respeito do processo de elaboração do conhecimento científico das Leis da Eletrólise do cientista italiano Carlo Matteucci (1811-1868), que se configurou um agente importante para a elaboração, discussão e confirmação das Leis em meados do século XIX.

O método que seguimos para esta dissertação permitiu a busca e coleta de dados realizados de janeiro a abril de 2018, na biblioteca do Museo Galileo, Istituto e Museo di

Storia della Scienza, localizado na cidade de Florença, na Itália. As fontes primárias e secundárias foram exploradas sobre Carlo Matteucci, sua vida e suas teorias/hipóteses científicas a respeito da eletrólise. Compuseram o *corpus* desta pesquisa os textos, como artigos científicos e livros utilizados para a elaboração da discussão. As cartas trocadas com Michael Faraday, ricas em registros analíticos, aspectos teóricos e experimentais da eletrólise, foram importantes para elucidação de sua relação com esse outro pesquisador. Além dessas fontes, o livro em que Faraday discute as Leis da Eletrólise também foi usado nesta pesquisa.

Assim sendo, estruturamos a presente dissertação em três capítulos. O primeiro aborda aspectos da HFC, no sentido de apresentar elementos que permitam a reflexão acerca da importância do historiador e do recorte histórico, destacando também sua importância para o ensino e aprendizagem de conteúdos científicos. O capítulo 2, constituído de quatro seções, aborda os conteúdos científicos que constituem relevância e se vinculam ou apresentam alguma aproximação com os estudos de Matteucci. O terceiro capítulo trata da vida e obra de Matteucci até o momento da publicação do artigo que o levou às conclusões das hipóteses da eletrólise.

2. JUSTIFICATIVA PESSOAL E ACADÊMICA

Este trabalho surgiu da necessidade de respostas a algumas inquietações que tiveram início ainda na graduação, quando ocorreu minha primeira inserção na História e Filosofia da Ciência - HFC. A premência de aprofundar questões e partilhar informações, conhecimentos e experiências, mostrou-se um caminho bastante instigante e desafiador. Veio o mestrado e, com ele, a oportunidade de trilhar o caminho da pesquisa. Nesse sentido, o universo da investigação se mostrou como possibilidade de se chegar a uma compreensão mais ampla de uma problemática.

As leituras sobre HFC me conduziram a uma problemática e muitas reflexões acerca das Leis da Eletrólise de Faraday. Deparei-me com o italiano Carlo Matteucci e alguns de seus trabalhos voltados para a eletrólise que, “estranhamente”, chegaram aos mesmos resultados teóricos de Faraday. Dessas leituras, muitas indagações surgiram, tais como: Como estes estudos foram conduzidos? Em que contexto, ambos, realizaram os experimentos? Por que o trabalho de Matteucci não é muito divulgado? Vencidas essas primeiras reflexões,

considerarei relevante delinear a pesquisa com base no percurso investigativo de Matteucci no campo das Ciências.

Com o intuito de identificar o objeto de estudos que me possibilitasse empreender uma análise mais crítica do problema, surpreendi-me com a falta de publicações acerca dos trabalhos de Matteucci. Essa constatação não me fez buscar outro tema. Tentei resgatar pela via *online* materiais que pudessem me orientar na questão.

Não satisfeito e com o apoio financeiro da Bolsa Capes, que recebo mensalmente como bolsista, e o contato do Prof. Marcos Cesar Danhoni Neves com pesquisadores italianos, fui até Florença, onde permaneci por três meses, com acesso ao Museu Galileo, museu esse, exclusivamente, dedicado à História da Ciência na Itália e na Europa. A riqueza de informações em sua biblioteca ampliou o entendimento do contexto histórico vivido por Matteucci e de sua aproximação com Faraday.

Durante o período na Itália, elaborei uma rotina de estudos para facilitar a coleta de dados durante os três meses. No primeiro dia ao chegar no museu, apresentei a carta de aceite do Prof.Dr.Paolo Galluzzi na biblioteca do edifício. A secretária da biblioteca fez um registro de identificação e um cartão com um número intransferível de acesso ao museu. A partir disso, durante todos os dias era necessário assinar o caderno de visita para um maior controle por parte dos funcionários.

Comecei a busca pelas fontes secundárias, para um melhor entendimento do que os biógrafos de Matteucci (TOSCANO, 2011; BIANCHI, 1874) tinham a dizer sobre o cientista. No caso das fontes biográficas de Faraday, não foi necessário a busca por tais fontes no museu, pois já é bem documentado e divulgado a história de vida do cientista inglês.

Somente após ler, estudar e entender as fontes secundárias de Matteucci, passei a explorar as fontes primárias, como seus artigos científicos e livros didáticos publicados em francês e, principalmente, em italiano. Durante esse processo de estudo das fontes primárias e secundárias, tive a oportunidade de ler e estudar o *carteggio*¹ de Matteucci e Faraday, tornando, assim, a busca por evidências mais ricas.

Logo após o estudo das fontes primárias, revi novamente algumas fontes secundárias de outros autores que não eram biógrafos de Matteucci, encontrando diversos estudos em artigos científicos que tratavam dos mais diversos temas relacionados à obra do cientista italiano.

¹Troca de cartas

Essa coleta de dados, no Museu, foi baseada em algumas perguntas: Como Matteucci se interessou pelos conteúdos de eletrólise e eletricidade? Como foram elaboradas as hipóteses de Matteucci? Qual era a relação de Matteucci com Faraday? Matteucci sofreu influência do trabalho de Faraday? Matteucci teria plagiado Faraday?

Por meio das respostas para essas perguntas, entendemos que essa investigação possui aspectos relevantes para a História da Ciência, para o ensino de Ciência e, também, é condizente com as questões da nova historiografia da Ciência. Além disso, fornece subsídio para que professores de Ciências possam conhecer mais sobre a história por trás da construção dos conceitos que envolvem o processo da eletrólise e, assim, pensarem na elaboração de uma abordagem baseada na HFC que auxilie seus estudantes na construção de significados.

3. PERCURSO METODOLÓGICO

A presente pesquisa é de natureza qualitativa. Flick (2007) considera fundamental a comunicação, reflexão e análise do pesquisador, sob diferentes perspectivas, e da pesquisa como parte do processo de produção de conhecimento. Assim sendo, suas ações e observações no campo constituem-se dados que serão interpretados e analisados. De acordo com o autor, na pesquisa qualitativa, “os objetos não são reduzidos a variáveis únicas, mas são estudados na sua complexidade e totalidade em seu contexto diário” (p. 21).

A pesquisa qualitativa admite uma variedade de abordagens teóricas e metodológicas.

Os dados qualitativos consistem em descrições detalhadas de situações com o objetivo de compreender os indivíduos em seus próprios termos. Estes dados não são padronizáveis como os dados quantitativos, obrigando o pesquisador a ter flexibilidade e criatividade no momento de coletá-los e analisá-los (GOLDENBERG, 2004, p. 53).

Nesse contexto, a pesquisa qualitativa pode ser identificada como uma investigação descritiva, na qual o pesquisador analisa o processo de forma indutiva, sendo que a constituição dos dados pode ocorrer de diferentes formas, incluindo anotações e/ou transcrições de gravações em vídeo ou áudio.

Nesta pesquisa, a intenção foi compreender os estudos de Matteucci, em particular, o contexto dos trabalhos experimentais realizados por ele. Dessa forma, decidiu-se pela abordagem documental. Ao considerarmos vários autores, o conceito de documento se amplia

significativamente. Para Cellard (2008, p. 296, 297,) “tudo o que serve de testemunho é considerado como documento ou fonte [...] e, pode tratar-se de texto escrito, mas também de documentos de natureza iconográfica e cinematográfica, ou de qualquer outro tipo de testemunho registrado, objetos do cotidiano, elementos folclóricos [...]”. Ainda, de acordo com o autor, um relatório de entrevista ou anotações feitas durante uma observação podem ser qualificados como documento.

A riqueza de informações que se pode extrair de documentos, além do que se pode compreender e resgatar, justifica seu uso, tendo em vista que amplia a compreensão do objeto. Neste estudo, a trajetória de Matteucci pode ser melhor entendida por necessitar de contextualização histórica e sociocultural. Nas palavras de Cellard (2008), por exemplo, na reconstrução de uma história vivida,

[...] o documento escrito constitui uma fonte extremamente preciosa para todo pesquisador nas ciências sociais. Ele é, evidentemente, insubstituível em qualquer reconstituição referente a um passado relativamente distante, pois não é raro que ele represente a quase totalidade dos vestígios da atividade humana em determinadas épocas. Além disso, muito freqüentemente, ele permanece como o único testemunho de atividades particulares ocorridas num passado recente (CELLARD, 2008, p. 295).

Dessa forma, o *locus* principal de pesquisa passou a ser o *Museo Galileo, Istituto e Museo di Storia della Scienza*, localizado na cidade de Florença, na Itália, com base nas seguintes etapas:

- Identificação dos trabalhos de Matteucci no Museu e a definição do que deveria ser documentado para o desenvolvimento da pesquisa;
- Seleção e organização dos textos, de acordo com a vida e a trajetória dos autores, voltados para o campo da Ciência;
- Apreensão intencional dos aspectos centrais dos estudos de Matteucci e Faraday;
- Análise dos dados com base na interpretação explícita, sendo que o produto assume, principalmente, a forma de descrições e explicações verbais.

Principais instrumentos da coleta de dados:

- Além dos textos escritos, a câmera fotográfica foi um instrumento bastante utilizado no acervo do Museu;
- Notas de campo (diário do pesquisador);

A análise de dados:

Ao considerar que se trata de dados qualitativos, a análise orienta-se pelo paradigma interpretativo e, por fim, pelas reflexões acerca dos constructos teóricos de Matteucci e Faraday, que podem ser significativos para a inserção da História da Ciência no ensino.

4. HISTORIOGRAFIA DA CIÊNCIA

Por mais que a abordagem da HFC esteja embasada em fortes evidências para sua inserção no ensino de Ciências, ela não é a solução de todos os problemas e déficits do ensino. A HFC pode ser considerada como um suporte teórico, que tem um potencial de ensino e aprendizagem enorme, caso bem utilizada pelo professor e também pelo aluno. Porém, implementar a HFC no ensino de qualquer ciência exige transitar por diversos caminhos, ênfases e interpretações. Meio às possibilidades de inserção da HFC, a abordagem historiográfica tem se mostrado fundamental quando se trabalha o conteúdo histórico.

Segundo Martins (2005, p. 115) a história é “[...] um conjunto de situações e acontecimentos pertencentes a uma época e a uma região”, sendo assim, a história é algo independentemente da existência dos historiadores. Já a historiografia, “[...] é o produto primário da atividade dos historiadores” (p. 115). Mais especificamente, a historiografia é a discussão, reflexão e a análise pela visão do historiador sobre o recorte histórico que está sendo estudado. Martins (2005) apresenta, em um fluxograma, suas ideias sobre a historiografia da ciência e o papel do historiador, conforme a Figura.1.

Figura.1- O papel da historiografia e do historiador



Fonte: Martins (2005).

Nesse fluxograma, podemos entender que a “realidade histórica” é um fator importante para a historiografia. O historiador, em seu contexto histórico, interpretará a

“realidade histórica” pelo olhar de uma teoria, por meio de documentos e vestígios, como cartas, livros, artigos, jornais, entre outros.

O historiador da ciência estuda os cientistas (no sentido amplo), suas obras e seu contexto histórico. Se tiver estudando um passado mais distante, ele não terá acesso direto a essa realidade histórica. Utilizará documentos escritos da época e outros vestígios não verbais. Analisando esses documentos e vestígios o historiador da ciência tentará compreender esse passado científico e irá escrever sobre ele, produzindo sua obra historiográfica (MARTINS, 2005, p. 139)

Portanto, não existe neutralidade quando estamos falando de historiografia. Boschi Junior (2010)² mostra que a neutralidade total em uma pesquisa de História da Ciência é praticamente impossível, pois mesmo sem querer, o historiador da ciência acaba por contaminar seus próprios dados criando suas próprias conexões.

[...] O que temos o direito de exigir dele [do historiador] é que ele não mude o significado e importância da narrativa histórica pelo mero ato de abreviá-la; que pela seleção e organização de seus fatos não seja interpolada uma teoria, não seja imposta uma nova estrutura sobre os eventos, especialmente uma que nunca seria viável se toda a história fosse contada com todos os seus detalhes. O resumo pode ser tão simples quanto se queira, mas ele deve ser uma exposição da complexidade, em uma forma ou outra. (BUTTERFIELD, 1931, p. 102 *apud* BOSCHI JUNIOR, 2010, p. 4-7)

Várias abordagens de História da Ciência podem ser encontradas na literatura (CONDÉ, 2017). Partindo do princípio que nenhuma delas é mais correta, é papel do historiador da Ciência adotar uma abordagem que melhor se adeque ao seu objetivo de pesquisa, sempre mantendo em vista quais os seus objetivos com a escolha da abordagem. Logo, é comum encontrar na historiografia da Ciência diversas visões sobre o mesmo fato ou recorte histórico.

Uma das abordagens de História da Ciência que podemos citar é a de George Sarton (1884-1956), um estadunidense de origem belga e fundador dos periódicos de História da Ciência, *ISIS* e *Osiris*. Sarton possuía influências do positivismo de Comte³, o qual ecoava em

²<http://www.abfhib.org/Boletim/Boletim-HFB-04-n3-Set-2010.htm>

³Uma corrente filosófica que defendia que somente o conhecimento científico é verdadeiro (Neves, 2002).

sua visão de historiografia, fazendo com que seus estudos fossem direcionados para uma História da Ciência com tendências para os “vencedores” (BELTRAN, 2012).

Essa historiografia dos “vencedores” significava que qualquer abordagem ou teoria que não tivesse prosperado, nos dias atuais, não era considerada objeto de estudo da História da Ciência. Tal interpretação não considera os fatores sociais, econômicos, políticos e religiosos importantes na jornada de um cientista para formular as concepções de uma teoria. Portanto, ficou conhecida como abordagem “internalista” (CONDÉ, 2017), situando os avanços da Ciência a partir da própria Ciência, sem influência de fatos externos ao meio científico.

Um outro historiador da Ciência, que também defendia essa perspectiva, era o filósofo russo Alexandre Koyré (1892-1964), cuja visão de Ciência embasa-se em suas próprias crenças do realismo matemático platônico e cartesiano, a partir das quais procurava relatar o fortalecimento histórico voltado para a epistemologia de uma certa teoria científica. Suas críticas eram feitas à abordagem social, econômica e política da História da Ciência. Koyré foi inspiração para outros historiadores e filósofos da Ciência, como Thomas Kuhn (1922-1996) e Paul Feyerabend (1924- 1994) (CONDÉ, 2017).

Assim, essa historiografia, dita tradicional, procurava na ciência do passado as características da ciência moderna, o que levava esses historiadores a cair no chamado anacronismo, que se reflete em olhar o passado com os óculos do presente. Essa visão tradicional acabava por sugerir uma visão linear e cumulativa da ciência, onde gênios pontuais davam luz às descobertas, ao passo que a sua pesquisa progredia independentemente dos contextos histórico, social, econômico e cultural no qual ele estava inserido, simplificando, assim, a prática dos cientistas e minimizando o valor das hipóteses e teorias vigentes (ROZENTALSKI, 2018).

Uma outra abordagem que podemos citar foi defendida por Edgar Zilsel (1891-1944). Essa abordagem ficou conhecida como de caráter externalista, pois, diferentemente da abordagem internalista, defendia que fatores externos ao meio científico tinham influência crucial no papel do desenvolvimento da História da Ciência. Como afirma Condé (2017, p. 45),

[...] os historiadores de perspectiva social compreenderam a emergência da ciência moderna como um fenômeno muito mais complexo que contou com a participação de outros agentes históricos, dentre eles pessoas do povo,

como artesãos, marinheiros, ferreiros, ceramistas, relojoeiros, construtores de instrumentos musicais; enfim, uma variada gama de trabalhadores manuais que, com seu labor e conhecimento prático do mundo, contribuiu (1) não apenas para a configuração de um novo contexto histórico, social e econômico no qual foi possível o surgimento da ciência moderna, mas também (2) tiveram grande importância na própria estrutura do conhecimento científico e a conseqüente formação da ciência moderna.

Portanto, Zilsel e outros historiadores da ciência “externalista” consideram de suma importância o papel social, econômico e político para o surgimento de um cientista⁴ e, conseqüentemente, de uma teoria. Nesta perspectiva, assim como a ciência está passível de críticas, o mesmo acontece com as visões internalistas e externalistas, entretanto, não nos cabe aqui entrar em discussão sobre as críticas a respeito das duas abordagens.

O surgimento da ciência é geralmente estudado por historiadores que estão primeiramente interessados na sucessão temporal das descobertas científicas. No entanto, a gênese da ciência pode ser estudada também como um fenômeno sociológico. As ocupações de autores científicos e de seus antecessores podem ser determinadas. A função sociológica dessas ocupações e seus ideais profissionais podem ser analisados. A sucessão temporal pode ser interrompida e grupos sociológicos relevantes podem ser comparados a grupos análogos em outros períodos e outras civilizações (ZILSEL, p.946, 2000).

Pautados nos embasamentos acima, esse trabalho foi escrito com base na metodologia da nova historiografia da ciência, em que se pode visualizar a pesquisa em História da Ciência pela combinação dos dois lados, o externalista e o internalista (BALDINATO, 2009, BELTRAN, 2012), uma vez que, como afirma Rozentaliski (2018),

O que se defende, com a adoção da contemporânea historiografia da ciência, é uma interpretação do passado em termos diacrônicos, pela qual os acontecimentos do passado são avaliados de acordo com o contexto da época, isto é, levando-se em conta as crenças, teorias, metodologias, etc., vigentes no período em questão. Apesar dessa orientação, é preciso esclarecer que uma interpretação totalmente diacrônica é um ideal, pois quem interpreta o passado não pode se descolar de seu próprio contexto e tampouco se inserir em plenitude no contexto investigado.

⁴Como afirma Martins (2004), a palavra cientista aqui é utilizada de forma mais ampla.

Na perspectiva da abordagem da historiografia e, com o propósito de reunir eventos em um recorte histórico que caracterizam os estudos voltados para a eletricidade, buscamos uma síntese que identifiquem algumas realizações de Faraday e de Matteucci juntamente com os estudos de eletrólise e eletroquímica em meados do século XIX na Europa.

5 .RECORTE HISTÓRICO SOBRE A ELETRICIDADE

Neste capítulo aborda-se alguns recortes históricos que buscam ilustrar aspectos importantes para o desenvolvimento dos estudos científicos, teóricos e experimentais sobre o tema eletricidade. Buscamos intercalar as principais hipóteses, invenções e teorias que envolvem o percurso para as futuras discussões que faremos.

Direcionado aos primeiros estudos que envolveram a eletricidade, conhecidos atualmente, desde a Grécia antiga com Tales de Mileto e suas visualizações dos efeitos do âmbar, até o isolamento de alguns metais alcalinos, na Inglaterra com Humphry Davy. Esse trajeto busca sedimentar um arcabouço para uma discussão mais abrangente sobre a vida e obra do cientista inglês Michael Faraday, que será discutida na seção 5.2. Já na seção 6.0, a discussão será realizada a partir do livro mais conhecido do cientista inglês, o “Experimental Research in Electricity”, em que Faraday concluiu seus estudos sobre as Leis da Eletrólise.

5.1 Percurso histórico de Tales a Davy

Na Grécia antiga, o âmbar⁵ era conhecido como elektron⁶ e, dessa palavra de origem grega, originou-se o termo eletricidade, muitos séculos depois (RUSSEL, 2017). Alguns autores de História e Filosofia da Ciência (HFC) atribuem a origem da ciência (como a conhecemos hoje) à escola de pensamento filosófico dos jônicos, localizada na Ásia Menor, durante os séculos VI e V a.C. (RUSSEL, 2017; TOLENTINO, 2000; DAMPIER, 1986).

A primeira evidência de um estudo envolvendo o que compreendemos atualmente como eletricidade também é atribuída à mesma escola de pensamento filosófico, por meio do filósofo e fundador dos jônicos, o pré-socrático Tales de Mileto (≈624 a.C - ≈546 a.C). Tales percebeu que pedaços de palha eram atraídos para uma pedra de âmbar após esfregá-la em um pedaço de pele animal ou tecido de seda (TOLENTINO, 2000; OKI, 2000; DAMPIER, 1986).

Um milênio após as evidências de Tales, no ano de 1660, um físico e político alemão da cidade de Magdeburgo, Otto von Guericke (1602-1686) planejou a primeira máquina eletrostática. Essa máquina foi a primeira fonte conhecida de eletricidade artificial⁷. Tal

⁵ O âmbar é uma resina vegetal fossilizada (Pereira et al, 2011).

⁶Do grego ἤλεκτρον (Russell, 2017).

⁷Hoje conhecida como eletricidade estática.

aparato foi de suma importância para a época, pois a sua construção era, de certa forma, simples e seus efeitos elétricos poderiam ser controlados (IHDE, 2017).

O aparelho constituía-se de uma esfera de vidro contendo enxofre em seu interior (ROSSI,1992). A esfera de enxofre emitia luz ao ser friccionada com as mãos e retinha pequenos corpúsculos que estavam próximos do experimento. Após essas descobertas, muitos outros cientistas da época construíram diversos modelos de máquinas eletrostáticas (Figura 2), tais como Francis Hawksbee (1666-1713), Christian August Hausen (1693- 1743), Johann Heinrich Winkler (1703-1770), Martin von Plata (1727-1772), entre outros (BROCKMAN,1929).

Figura 2- Máquina Eletrostática do Século XVIII



Fonte: Acervo do Museu Galileo

Um pouco diferente, em sua construção, do aparelho de von Guericke, essa máquina eletrostática (Figura 2) funciona através da rotação da manivela que faz girar o disco de vidro em contato direto com quatro pedaços de couro alocados dentro do aparelho. Por meio desse contato, a máquina transforma energia mecânica em energia eletrostática, assim como na invenção de von Guericke.

No ano de 1733, o capitão do exército e diplomata francês, Charles François du Fay (1698-1739), baseando-se nos conhecimentos de Otto von Guericke, evidenciou novos fenômenos a respeito da eletricidade. O parisiense percebeu que um fio de corda totalmente seco não conduzia a eletricidade, portanto, era um isolante elétrico, enquanto que o mesmo fio umedecido se tornava um bom condutor de eletricidade. Du Fay concluiu que, além das forças de atração bastante conhecidas na época pelas máquinas eletrostáticas, a eletricidade também tinha algum tipo de força de repulsão, concluindo que existiam duas espécies de eletricidade (BROCKMAN,1929).

Mais tarde, essas duas “espécies” de eletricidade foram nomeadas pelo estadunidense Benjamin Franklin (1706-1790) de eletricidade “positiva” e eletricidade “negativa”. Franklin chegou à mesma conclusão de Du Fay e afirmava desconhecer os trabalhos desenvolvidos na França (KEITHLEY, 1999).

Durante os primeiros estudos, os cientistas da época acreditavam em diversos tipos de eletricidade proveniente das mais diversas fontes. Somente com Michael Faraday (1791-1867), na terceira edição, em 1833, de seu famoso livro, “*Experimental Research in Electricity*”, foi solucionado o problema dos diversos tipos de eletricidade que, apesar de serem geradas por diversas formas, eram provenientes da mesma fonte (SANTOS *et al.*, 2017).

No ano de 1765, o britânico Joseph Priestley (1733-1804) propôs que a atração entre as eletricidades “positiva” e “negativa”, que acontecem na máquina eletrostática, seguiam algo equivalente às leis gravitacionais de Isaac Newton (1643-1727) (BROCKMAN,1929). Tão importante quanto a máquina eletrostática, a garrafa de Leyden (Figura 3) se mostrou essencial no desenvolvimento das pesquisas que tentavam entender o que era aquela “força” misteriosa chamada eletricidade (OKI, 2000). A garrafa de Leyden⁸ foi inventada pelo polonês Ewald Georg von Kleist (1700-1748) e aprimorada pelo holandês Pieter van Musschenbroek (1691-1761), professor da Universidade de Leyden, localizada na Holanda (MAAR, 2011)

O aparelho compõe-se de uma garrafa cilíndrica de vidro (material isolante) com duas folhas metálicas fixadas por dentro e por fora da garrafa. Além disso, possui uma haste de metal a qual atravessa a tampa do pote, fazendo contato com a folha metálica de dentro. Por

⁸A garrafa de Leyden é considerada um capacitor rudimentar. Capacitores são capazes de armazenar carga e energia elétrica através de um campo eletrostático.

fim, constitui-se de um anel metálico que circundava a garrafa em contato com a folha metálica exterior, compondo assim os terminais do aparelho.

Figura 3- Garrafa de Leyden do século XIX.



Fonte: Acervo *online* do Museu Galileo, 2018

Um acúmulo de carga elétrica era armazenado na garrafa ao girar a manivela da máquina eletrostática próxima da garrafa de Leyden. Dessa forma, a garrafa de Leyden tinha a capacidade de armazenar energia elétrica. Junto com a máquina eletrostática, a garrafa de Leyden poderia ser utilizada para experimentos em conjunto, sendo um equipamento importante para as pesquisas com eletricidade no século XVIII e início do século XIX, até a invenção da Pilha de Volta pelo italiano Alessandro Volta (1745- 1827) (OKI, 2000).

Para um melhor entendimento da invenção de Alessandro Volta, faz-se necessário falar de um outro “tipo” de eletricidade que vinha ganhando força, na mesma época: a eletricidade animal de Luigi Galvani (1737-1798).

No final do século XVIII, um professor de anatomia, da Universidade de Bolonha, Luigi Galvani, publicou o livro de título “*De Viribus Electricitatis in Motu Musculari*”. Essa monografia descreve uma série de experimentos que o italiano havia realizado, no decorrer de alguns anos, sobre um “tipo” de eletricidade originária de animais, mais precisamente, de rãs dissecadas (SANTOS *et al.*, 2018).

Tal eletricidade seria gerada sempre que um semi-arco de material metálico mantivesse contato com os nervos de uma rã, fazendo, assim, com que uma das patas se

contraísse involuntariamente. Os músculos tinham comportamento considerado como o de uma garrafa de Leyden (TOLENTINO; ROCHA-FILHO, 2000).

As ideias de Galvani foram inicialmente bem-aceitas na comunidade científica e logo outros cientistas replicaram os seus experimentos. Um deles foi o professor da Universidade de Pavia, Alessandro Giuseppe Antonio Anastasio Volta, que inicialmente ficou muito admirado com as descobertas de Galvani e estudou, durante três anos, a eletricidade animal (NEVES, 1999).

Após longo tempo de dedicação, Volta propôs outra explicação para o fenômeno. As patas das rãs atuavam como um eletroscópio⁹ e a força que dava movimento às patas era originada do metal que mantinha contato com a rã (SANTOS *et al.*, 2018).

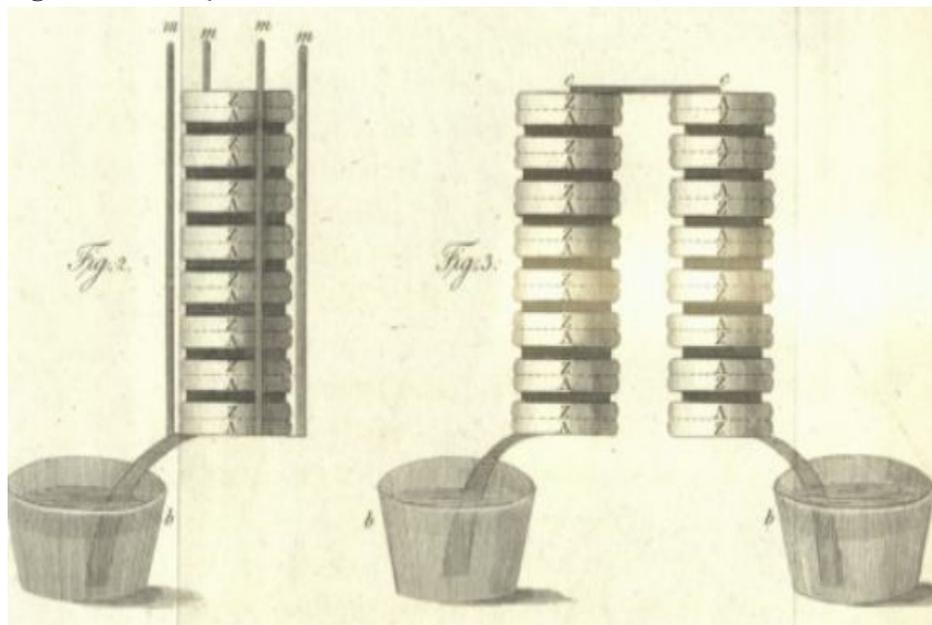
Depois de muitos embates de ideias entre Volta e Galvani, Alexander Von Humboldt (1769-1859) mostrou, após muitos experimentos, os pontos em que Galvani estava correto a respeito da atribuição da contração muscular com os efeitos elétricos e os pontos em que ele estava errado em atribuir tais fatos à “eletricidade animal”. Humboldt também demonstrou os aspectos em que Volta estava certo em relação a não existência de uma eletricidade proveniente de origem animal e suas falhas, como na observação de que os efeitos eletrofisiológicos só eram realizados com o auxílio de dois metais distintos (IHDE, 2017).

Para Volta, esse embate originou uma das maiores invenções do século. Como físico, ele acreditava que metais em contato produziam “eletricidade artificial”. Era essa “eletricidade artificial”, pelo contato entre metais, que estava causando os efeitos observados por Galvani nas patas das rãs. No segundo semestre de 1799, Volta teve a ideia de sobrepor dois metais diferentes separados com um papelão, tecido embebido de água ou Cloreto de Sódio (BONI, 2007).

Volta notou que quanto mais vezes ele empilhava dois metais diferentes embebidos com papelão, mais as tensões elétricas aumentavam (Figura 4). Essa invenção confirmava sua teoria de que não existia tal eletricidade animal e que a eletricidade, a qual Luigi Galvani tinha visualizado anos antes, era, na verdade, causada pelo contato dos metais em solução fisiológica que ainda se encontrava nas patas das rãs (IHDE, 2017).

⁹Equipamento utilizado para identificar pequenas quantidades de cargas elétricas.

Figura 4- Ilustração da Pilha de Volta



Fonte: Acervo do Museo Galileo, 1800.

Apesar de Alessandro Volta não conseguir explicar os dados qualitativos da sua pilha¹⁰, ela deu origem a um novo leque de possibilidades para os experimentos que continham a eletricidade e seus efeitos como caráter investigativo. Os cientistas e entusiastas da época não mais dependiam da máquina eletrostática para gerar as tensões necessárias na realização de seus experimentos.

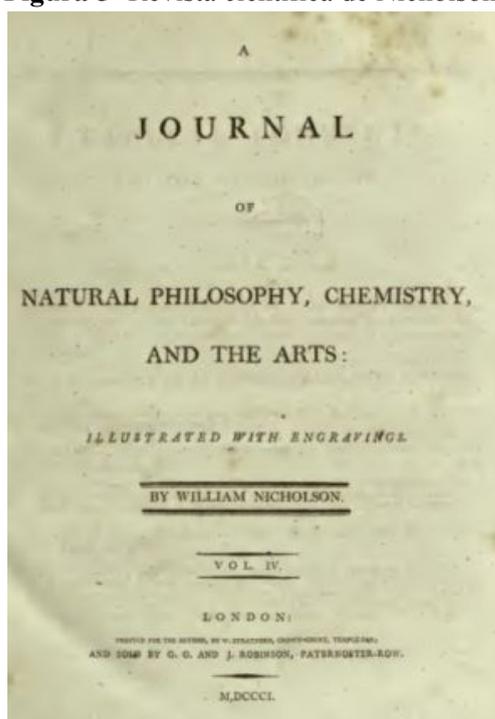
Outro caráter importante na invenção da Pilha de Volta foi a capacidade de aumentar o “poder” da pilha somente adicionando mais células (dois metais distintos com papelão embebido de solução salina) ao seu aparato. Antes da Pilha de Volta, era necessário construir outra máquina eletrostática mais potente para realizar experimentos que necessitavam de mais tensão elétrica.

No início de 1800, Alessandro Volta divulgou sua descoberta em uma carta enviada para *Sir Joseph Banks*, botânico e naturalista britânico que era o então presidente da *Royal Society*. A Figura 4 representa a ilustração que foi enviada junto com carta para a *Royal Society* (VOLTA, 1800).

¹⁰Somente em 1928, Carl Eckart (1902-1973) deu uma explicação qualitativa da pilha, baseando-se nas teorias de transferências de elétrons de Enrico Fermi (1901-1954) (Maar, 2011).

Logo após receber a carta do italiano, Banks mostrou o relato e as ilustrações para dois de seus amigos, Anthony Carlisle e William Nicholson, que logo construíram diversas pilhas de tamanhos diferentes. No mesmo ano de 1800, Nicholson e Carlisle publicaram um artigo na revista científica na qual Nicholson era editor, o “*Journal of Natural Philosophy, Chemistry, and the Arts*” (Figura 5), em que descrevia a primeira eletrólise da água realizada pela pilha de Volta. Nas palavras do próprio Nicholson, ele diz que foi logo conduzido pelo seu raciocínio a tentar uma eletrólise (NICHOLSON, 1800).

Figura 5- Revista científica de Nicholson



Fonte: Arquivo do Museo Galileo (1800)

Nicholson não havia sido o primeiro a realizar a eletrólise, Adriaan Paets van Troostwijk (1752-1837) realizou a primeira decomposição da água em hidrogênio e oxigênio, utilizando uma máquina eletrostática, no ano de 1789. Porém, o feito de Nicholson e Carlisle era inédito, pois utilizaram a então desconhecida pilha de Volta para decompor a água.

No mesmo ano de 1800, logo após estudar os artigos de Volta e Nicholson, Humphry Davy (1778-1829) não tinha tanta certeza de que o mero contato entre dois metais era o responsável pela eletricidade voltaica (SANTOS *et al.*, 2018; PIZZI, 2004). Davy considerava que uma ação química, como uma reação, originava a eletricidade proveniente da pilha de Volta (DAVY, 1928).

A partir dessa dúvida, o cientista britânico deu início aos seus próprios ensaios com eletricidade, tentando atravessar a corrente elétrica por substâncias. Ele observou que essas mesmas substâncias se decompunham após a passagem da corrente elétrica e, a partir disso, Davy propôs que a força elétrica somente podia gerar corrente elétrica quando um dos metais da pilha era oxidado. Ele também foi o responsável por propor que era uma espécie de força elétrica que mantinha os elementos químicos unidos em um composto (PIZZI, 2004).

Humphry Davy foi um dos membros mais ativos da *Royal Society* de Londres e ganhou bastante relevância no meio científico europeu por ter construído uma das maiores pilhas da época. Com essa pilha, ele conseguiu isolar diversos metais alcalinos como potássio, sódio, bário, cálcio e magnésio (PIZZI, 2004). Também ganhou destaque na área científica por ter refutado uma das teorias de Lavoisier, a qual dizia que todo ácido possuía oxigênio em sua composição (SANTOS *et al.*, 2018).

Apesar de Davy ter isolado pelo menos cinco metais alcalinos, ele não foi o cientista responsável pelo isolamento de todos. Relatos mostram que Davy tem prioridade no isolamento do potássio e sódio. Porém, com o cálcio e bário é questionada a sua prioridade, fazendo com que os créditos das descobertas atualmente sejam dados para Jons Jacob Berzelius (1779-1848) e Magnus Martin Pontin (1781-1858) (MAAR, 2011).

Ihde (2017) afirma que Davy só teve êxito no isolamento do cálcio e bário após ler os trabalhos enviados por Berzelius. Além disso, lítio e estrôncio puros foram obtidos por um cientista britânico chamado Augustus Matthiessen (1831- 1870) por meio da eletrólise do cloreto de lítio e cloreto de estrôncio.

Após as descobertas dos metais alcalinos por meio de eletrólise, o próximo passo que nos chama atenção foi realizado por Michael Faraday. Portanto, é indispensável que nos debruçemos sobre a vida deste cientista que nos trouxe significativas contribuições para o entendimento dos temas referentes a eletrólise.

5.2 Michael Faraday

Michael Faraday, nascido em 22 de setembro do ano de 1791, em uma pequena cidade ao sul de Londres chamada Newington Butts, às margens do rio Tâmisa, era o terceiro filho de um ferreiro chamado James Faraday e de sua mulher, Margaret Hastwell. Sua família era de origem humilde, sem muitos recursos para educação e, até mesmo, para a alimentação de

seus filhos. Logo, mudaram-se para Londres, onde as possibilidades de emprego eram maiores para o ofício de seu pai (BALDINATO, 2009).

O início da educação do futuro cientista foi proporcionado pela escola dominical da igreja que a família Faraday frequentava, conhecida como seita sandemanianos. Essa doutrina era derivada da igreja protestante que se desvinculou da igreja católica escocesa (BALDINATO, 2009). Os sandemanianos pregavam uma vida com sentido para o amor e para a comunidade, inclusive muitos autores afirmam que a fé de Michael Faraday teve papel importante nas suas descobertas (GAROZZO, 1975; THOMPSON, 1898).

Baldinato (2009) afirma que quase nada é conhecido sobre a infância de Michael Faraday. No entanto, um dos relatos sobre a sua época de estudante pode ser visto em um texto escrito por Thompson (1898), em que ele descreve um conto, relatado por um dos sobrinhos de Faraday, sobre a biografia de Michael.

Na escola, Michael Faraday tinha um problema de dicção, pois não conseguia articular corretamente a letra “r”, dessa forma, pronunciava o nome do seu irmão mais velho Robert, como “Wobert”. A professora, querendo “consertar” a fala de Michael, propôs que o seu irmão Robert procurasse uma vareta de madeira para castigar Michael pelo erro. Robert não atendeu a demanda da professora e foi até sua casa para contar à sua mãe sobre o ocorrido. A mãe de Robert e Michael reagiu tirando os dois filhos da escola. A partir disso, Michael Faraday aprendeu a ler e a escrever e um pouco de aritmética em casa com sua mãe (THOMPSON, 1898).

Já em Londres, no ano de 1804, com 13 anos, Faraday conseguiu um emprego para ajudar nas despesas da família, como garoto de entregas de um vendedor de livros chamado George Riebau. A promessa era de que, após um ano de teste, ele poderia se tornar aprendiz de encadernador de livros.

O trabalho de Faraday era carregar e entregar jornais pela manhã. Naquela época, era comum que os aprendizes vivessem com seus patrões. Então, o jovem Michael Faraday fixou residência na livraria (Figura 6), Blandford Street nº 2. Aos domingos ele continuava frequentando a igreja dos sandemanianos junto com sua família (THOMPSON, 1898).

Figura 6- Livraria Riebau



Fonte: Thompson (1898, p. 3)

Após um ano de teste como garoto de recados e auxiliar de encadernador, o jovem Michael Faraday propôs-se a tornar-se encadernador de livros, logo, em uma jornada de sete anos, ele estaria vinculado ao Mr Riebau com a promessa de que, após os sete anos, poderia procurar um emprego próprio de encadernador, ou montar sua própria loja de livros. Como aprendiz de encadernador, Faraday tinha mais tempo para ler os livros que estava trabalhando na encadernação e, desde o início, mostrou-se interessado por livros de caráter científico (Garozzo, 1975).

Um dos livros em que Michael Faraday se interessou foi o “*Conversation on Chemistry*” de Jane Marcet, uma escritora conhecida como inovadora. Neste livro, Marcet escrevia sobre Química para um público mais abrangente, principalmente, para mulheres que se interessavam por Química (SANTOS *et al.*, 2018; BALDINATO, 2009).

Depois do passo inicial dado pela leitura do livro de Jane Marcet, Faraday leu todos os livros de Ciência que eram possíveis, realizando até alguns experimentos simples que poderiam ser feitos sem muita dificuldade. No ano de 1810, Faraday despertou o interesse por assistir algumas palestras de Ciência proferidas por John Tatum (1772-1852), artesão londrino que realizava palestras em sua própria casa. A residência de Tatum se localizava a poucas quadras da livraria do Mr Riebau, dessa forma, Faraday teve a oportunidade de assistir algumas palestras após o horário do expediente na livraria. Seu irmão mais velho, Robert, o ajudava a pagar a quantia que era cobrada para assistir as palestras.

Garozzo (1975) diz que Robert Faraday sempre tentava ajudar o seu irmão mais novo, pois acreditava que ele tinha muito futuro, apesar de não entender muito bem como a Ciência poderia trazer dinheiro para o jovem aprendiz de encadernador. Thompson (1898) afirma que Faraday se mostrava permanentemente empolgado pela oportunidade de assistir às palestras e sempre andava com um caderno de anotações cheios de questionamentos a respeito das aulas de John Tatum.

Durante as palestras, Faraday fez muitas amizades as quais também tinham grande interesse na Ciência, o que o levou a fazer parte de uma sociedade para discutir as ideias científicas com seus amigos. A sociedade era chamada de *City Philosophical Society* e foi nessas reuniões semanais que Michael Faraday proferiu suas primeiras palestras sobre Ciência. Mas, o ponto-chave, que mudou toda a sua vida, aconteceu quando um dos clientes da loja, Willian Dance, então membro da *Royal Institution of Great Britain*, teria convidado o jovem aprendiz de encadernador para assistir às últimas palestras daquele ano, do conhecido cientista Sir Humphry Davy na *Royal Institution* (GAROZZO, 1975).

Durante as palestras, Davy falava sobre a sua refutação em relação às teorias de Lavoisier, acreditando na existência de oxigênio em todos os ácidos. Davy propôs que nem todos os ácidos continham oxigênio em sua fórmula e experimentos com o ácido muriático provavam tal fato (SANTOS *et al.*, 2018).

Ao fim dos sete anos como aprendiz de encadernador, Faraday buscava excessivamente por um cargo de trabalho que tivesse ligação com Ciência, o que o fez enviar cartas para Sir Joseph Banks, então presidente da *Royal Institution*. Infelizmente, não conseguiu cargo algum. Em 1812, voltou a morar com sua mãe, dois anos após o falecimento de seu pai, e conseguiu um emprego de turno completo em uma livraria de encadernação de Henri de la Roche (GAROZZO, 1975). Nesse novo emprego, o jovem entusiasta da Ciência não tinha muito tempo para se dedicar ao seu hobby científico, demonstrando bastante frustração em carta a amigos (BALDINATO, 2009).

Ainda com a esperança de encontrar um cargo que envolvesse Ciência, Faraday enviou uma carta de pedido de emprego a Humphry Davy junto com suas anotações sobre as palestras que ele tinha assistido na *Royal Institution*. Entretanto, Davy também não conseguiu oferecer nenhum emprego, naquele momento, para Michael Faraday.

Somente em 1813, após Humphry Davy ferir os olhos em um de seus ensaios, Faraday conquistou um emprego na *Royal Institution* como lavador de vidraria e assistente de

laboratório (THOMPSON, 1898). Após o seu ingresso, o jovem Faraday demonstrou bastante habilidade com assuntos científicos e logo manteve destaque dentro da sociedade. De 1813 a 1815, Humphry Davy, sua esposa e Michael Faraday realizaram uma viagem pelo continente, visitando países como França, Suíça e Itália. Faraday pôde conhecer muitos cientistas famosos da época, discutir suas ideias científicas e aproximar os laços de amizade com Davy. Ao retornar da viagem pela Europa, Michael Faraday ganhou muito mais destaque dentro e fora da *Royal Institution*, assumindo, em 1826, a diretoria do laboratório.

Na tabela 1 podemos ver alguns feitos importantes de Michael Faraday durante o seu percurso dentro da *Royal Institution*.

Tabela 1- Feitos importantes de Michael Faraday

Ano	Feitos Importantes ¹¹
1820/21	Divulgação dos primeiros compostos orgânicos contendo ligação carbono-cloro. Ex: Hexaclorobenzeno (C ₆ Cl ₆);
1821	Construção do primeiro dínamo;
1823	Liquefação de gases. Ex: Cl ₂ , NO ₂ , SO ₂ , NH ₃ , AsH ₃ , HBr, HI;
1825	Isolamento do Benzeno (C ₆ H ₆);
1825	Isolamento do Buteno (C ₄ H ₈);
1826	Determinação da Composição do Naftaleno (C ₁₀ H ₈);
1831	Primeiro motor elétrico;
1831	Teoria da indução eletromagnética;
1833	Leis da eletrólise;

Fonte: O Autor.

É possível notar que Faraday se interessava por diversos campos das Ciências Naturais, tendo sua paixão inicial pela química, ainda que suas descobertas mais reconhecidas, atualmente, sejam do campo da Física. O seu trabalho mais famoso e reconhecido é uma série de livros publicados ao longo do período de novembro de 1831 a dezembro de 1851, a qual trata das mais recentes descobertas feitas por ele. A série se intitula

¹¹Tais feitos são descritos com os moldes das nomenclaturas atuais.

“Experimental Researches in Electricity” (FARADAY,1952). Uma parte do livro será discutida no próximo capítulo, na qual Faraday aborda as concepções que geraram as Leis da Eletrólise.

6. FARADAY E AS LEIS DA ELETRÓLISE

Neste capítulo abordaremos três quesitos importantes para a fundamentação das Leis da Eletrólise. O primeiro quesito é uma introdução sobre o conceito de lei científica que irá nos embasar teoricamente para o melhor entendimento desse conceito. O segundo, surge a partir das dúvidas de Michael Faraday sobre a existência de vários tipos de eletricidade, como a eletricidade animal, artificial, voltaica, térmica etc. Essa dúvida e suas futuras experiências com o intuito de sanar tal questão foram o gatilho necessário para Faraday elaborar as suas Leis. E, por último, as próprias Leis da Eletrólise, sua elaboração e seus experimentos realizados.

6.1 Sobre a Lei Científica

Antes de falarmos especificamente sobre as Leis da Eletrólise de Michael Faraday, precisamos consolidar o que os cientistas e a comunidade científica caracteriza como Lei.

Segundo Helmenstine (2019), o que chamamos de lei, na ciência, é um conjunto de regras elaboradas para descrever e caracterizar, de forma verbal e/ou matemática, um agrupamento de observações da natureza ou sobre a natureza. Tais observações devem ser embasadas pelo levantamento de diversos dados empíricos elaborados por experimentação.

Já para Eastwell (2014), uma lei (ou conjunto de princípios) é a declaração que tem, por via de regra, capacidade de resumir regularidades observáveis e padrões visíveis na natureza.

Em consonância com Silverstein (1996) as leis são declarações verbais e matemáticas que estão relacionadas com os parâmetros em experimentos observacionais, que são visivelmente repetidos quando feitos nas mesmas condições.

De modo geral, os autores mostram que a lei não explica porque um fenômeno existe ou quais são suas causas, no entanto, ela tem como principal função descrever o evento (BRANDFORD, 2017), podendo, assim, gerar questionamentos sobre os quais os cientistas podem se aprofundar em busca de respostas de “como” e “porque” aquele fenômeno ocorre.

Por exemplo, a primeira Lei da Eletrólise descreve que a massa da substância, depositada ou liberada em qualquer eletrodo, é diretamente proporcional à quantidade de eletricidade ou carga que passa no sistema. Ela não explica como ou porque a massa da substância depositada é proporcional à eletricidade, entretanto, a lei pode ser utilizada para efetuar cálculos e previsões envolvidas no sistema eletrolítico (FARADAY, 1952).

Somente com o avanço da teoria atômica e das ligações químicas, os efeitos que ocorrem na eletrólise puderam ser exemplificados para uma melhor compreensão do fenômeno. Portanto, na próxima seção, discorre-se sobre como Faraday chegou às Leis da Eletrólise e, também, à sua tentativa de explicar tais resultados.

6.2 Experimental Researches in Electricity

O percurso histórico do “*Experimental Researches in Electricity*” se inicia após Faraday revisar e repetir todos os experimentos que envolviam eletromagnetismo conhecidos na época, publicando seus próprios resultados na revista “*Annals of Philosophy*”. A partir daí, Faraday começou a realizar seus próprios ensaios, seguindo suas próprias ideias. Em 1831, o cientista britânico deu início à primeira seção do livro, publicada na forma de uma monografia, no “*Transactions of the Royal Society*”, uma revista científica publicada desde 1665. A última seção só seria lançada 33 anos depois, com um total de três edições ao longo de três décadas (FARADAY, 1952).

Como pode ser visto na Figura 7, o livro possui um sumário com uma variedade grande de conteúdos referentes à eletricidade. A primeira etapa que se destaca, para esta dissertação, é a terceira seção do livro publicada de 10 a 17 de janeiro de 1833. Tal seção é de suma importância, pois trata-se do passo inicial para as conclusões das Leis da Eletrólise elaboradas por Michael Faraday, em uma outra etapa mais adiante.

Figura.7- Sumário do Livro "Experimental Researches in Electricity"

CONTENTS

BIOGRAPHICAL NOTE, 255; PREFACES TO VOLUMES I, II and III, 261

SERIES		PAR.	SERIES		PAR.
I.	§ 1. <i>On the Induction of Electric Currents</i>	6	VIII.	§ 14. <i>On the Electricity of the Voltaic Pile; its Source, Quantity, Intensity and General Characters</i>	875
	§ 2. <i>On the Evolution of Electricity from Magnetism</i>	27		¶ i. <i>On Simple Voltaic Circles</i>	875
	§ 3. <i>New Electrical State or Condition of Matter</i>	60		¶ ii. <i>On the Intensity Necessary for Electrolyzation</i>	966
	§ 4. <i>Explication of Arago's Magnetic Phenomena</i>	81		¶ iii. <i>On Associated Voltaic Circles, or the Voltaic Battery</i>	989
II.	§ 5. <i>Terrestrial Magneto-electric Induction</i>	140		¶ iv. <i>On the Resistance of an Electrolyte to Electrolytic Action, and on Interpositions</i>	1007
	§ 6. <i>General Remarks and Illustrations of the Force and Direction of Magneto-electric Induction</i>	193		¶ v. <i>General Remarks on the Active Voltaic Battery</i>	1034
III.	§ 7. <i>Identity of Electricities Derived from Different Sources</i>	265	IX.	§ 15. <i>On the Influence by Induction of an Electric Current on itself:—and on the Inductive Action of Electric Currents Generally</i>	1048
	I. <i>Voltaic Electricity</i>	268	X.	§ 16. <i>On an Improved Form of the Voltaic Battery</i>	1119
	II. <i>Ordinary Electricity</i>	284		§ 17. <i>Some Practical Results Respecting the Construction and Use of the Voltaic Battery</i>	1136
	III. <i>Magneto-electricity</i>	343	XI.	§ 18. <i>On Induction</i>	1161
	IV. <i>Thermo-electricity</i>	349		¶ i. <i>Induction an Action of Contiguous Particles</i>	1161
	V. <i>Animal Electricity</i>	351		¶ ii. <i>On the Absolute Charge of Matter</i>	1169
	§ 8. <i>Relation by Measure of Common and Voltaic Electricity</i>	361		¶ iii. <i>Electrometer and Inductive Apparatus Employed</i>	1179
IV.	§ 9. <i>On a New Law of Electric Conduction</i>	380		¶ iv. <i>Induction in Curved Lines</i>	1215
	§ 10. <i>On Conducting Power Generally</i>	418		¶ v. <i>On Specific Induction, or Specific Inductive Capacity</i>	1252
V.	§ 11. <i>On Electro-chemical Decomposition</i>	450		¶ vi. <i>General Results as to Induction</i>	1295
	¶ i. <i>New Conditions of Electro-chemical Decomposition</i>	453		Supplementary Note	1307
	¶ ii. <i>Influence of Water in Electro-chemical Decomposition</i>	472	XII.	¶ vii. <i>Conduction, or Conductive Discharge</i>	1320
	¶ iii. <i>Theory of Electro-chemical Decomposition</i>	477		¶ viii. <i>Electrolytic Discharge</i>	1343
VI.	§ 12. <i>On the Power of Metals and Other Solids to Induce the Combination of Gaseous Bodies</i>	564		¶ ix. <i>Disruptive Discharge—Insulation—Spark—Brush—Difference of Discharge at the Positive and Negative Surfaces of Conductors</i>	1359
VII.	§ 11. <i>On Electro-chemical Decomposition, continued</i>	661		Disruptive Discharge and Insulation	1359
	¶ iv. <i>On Some General Conditions of Electro-chemical Decomposition</i>	669		The Electric Spark or Flash	1406
	¶ v. <i>On a New Mesurer of Volta-electricity</i>	704		The Electric Brush	1425
	¶ vi. <i>On the Primary or Secondary Character of the Bodies Evolved at the Electrodes</i>	742		Difference of Discharge at the Positive and Negative Conducting Surfaces	1465
	¶ vii. <i>On the Definite Nature and Extent of Electro-chemical Decompositions</i>	783			
	§ 13. <i>On the Absolute Quantity of Electricity Associated with the Particles or Atoms of Matter</i>	852			

A terceira seção se inicia com um tema bastante polêmico para a época. Durante o século XVIII até meados de XIX, os cientistas que estudavam os fenômenos elétricos acreditavam na existência de vários tipos de eletricidades, como podemos ver na Tabela 2.

Tabela 2- Fontes dos diversos tipos de eletricidade em XVIII a XIX

Ano	Eletricidade	Origem e Descrição	Cientista
1660	Comum	Máquina eletrostática, atmosfera, pressão.	Otto Von Guericke
1790	Animal	Proveniente de músculos de animais.	Luigi Galvani
1800	Voltaica	Gerada pela Pilha de Volta.	Alessandro Volta
1821	Térmica	Conversão de temperatura para voltagem.	Thomas J. Seebeck
1831	Magnética	Proveniente de uma máquina de imãs.	Michael Faraday

Fonte: O autor

Faraday suspeitava que não existiam vários tipos de eletricidade, mas sim, várias fontes, sendo todas provenientes de um mesmo fenômeno. Para provar que todos os tipos de eletricidade conhecidos eram a mesma coisa, o cientista inglês propôs uma série de ensaios. Nas palavras do próprio Faraday (1833, p. 303, *tradução nossa*):

Os efeitos da eletricidade em movimento ou correntes elétricas podem ser considerados como: 1ª evolução do calor; 2ª magnetismo; 3ª decomposição química; 4ª fenômenos fisiológicos; 5ª faísca. Será meu objetivo comparar as eletricidades de diferentes fontes, e especialmente as eletricidades comuns e voltaicas, pelo poder de produzir esses efeitos.

Como visto na citação acima, alguns critérios foram elaborados para os ensaios experimentais, critérios esses norteados pelos efeitos causados na utilização dos diversos tipos de eletricidade conhecidos até aquele momento. Nessa seção do livro, ele argumenta cada um desses critérios com relação à cada tipo de eletricidade. Os resultados podem ser vistos na Figura 8, retirada do próprio livro de Faraday (1833).

Figura 8- Tabela de efeitos comuns das várias eletricidades¹².

Table of the Experimental Effects Common to the Electricities Derived from Different Sources²

	Physiological Effects	Magnetic Deflection	Magnets made	Spark	Heating Power	True chemical Action	Attraction and Repulsion	Discharge by Hot Air
1. Voltaic Electricity	×	×	×	×	×	×	×	×
2. Common Electricity	×	×	×	×	×	×	×	×
3. Magneto-electricity	×	×	×	×	×	×	×	
4. Thermo-electricity	×	×	+	+	+	+		
5. Animal electricity	×	×	×	+	+	×		

Fonte: Faraday (1833).

Faraday concluiu que, por todos esses fatos listados na tabela, independente da fonte, a eletricidade era idêntica em sua origem (Faraday, 1833). Esse estudo foi bastante importante pois, a partir disso, deu início a reflexões mais profundas sobre a eletricidade proveniente de fonte comum¹³ e voltaica¹⁴, não só para confirmar a questão da identidade, mas também para elucidar alguns princípios básicos. Esses mesmos estudos deram origem às Leis da Eletrólise as quais conhecemos atualmente.

O primeiro experimento feito por ele para tentar mostrar que as duas eletricidades eram, na verdade, a mesma, foi descrito na terceira seção do livro. Porém, só foi melhor

¹²Os “x” da tabela expressam as primeiras evidências que Faraday achou sobre tais eletricidades. Já as marcações com o símbolo “+” foram preenchidas após novos ensaios (Faraday, 1833).

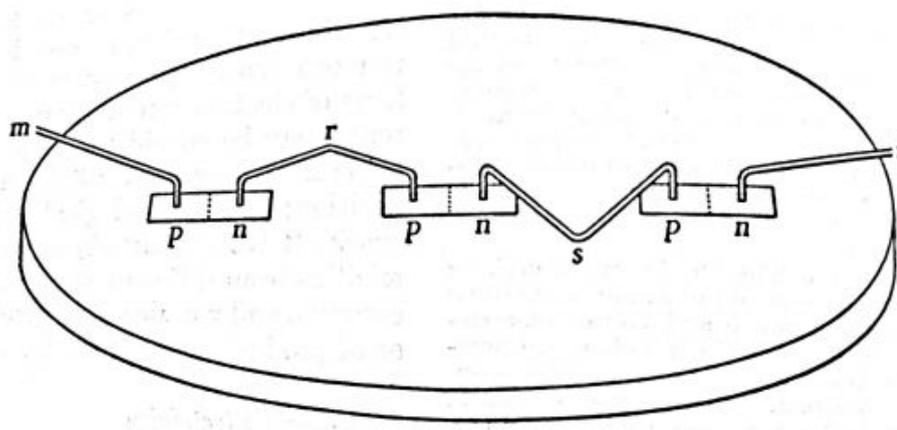
¹³Originada de uma máquina eletrostática.

¹⁴ Originada de uma pilha voltaica.

discutida na quinta seção. Tal experimento tinha como objetivo saber se a eletricidade comum conseguiria realizar a eletrodecomposição por meio de uma reação que originaria ácido e base.

Faraday utilizou um prato de vidro embebido com uma solução de sulfato de sódio. Dentro da solução foram colocados três pedaços de papel de *litmus* (p). Na época, esse papel era usado como um indicador de ácido e base. Nesse experimento, especificamente, ele serviria para identificar ácidos. Outros três pedaços de papel turmeric (n) foram utilizados no aparato como um indicador de base. Um fio “m” era ligado a uma máquina eletrostática e o terminal “t” servia como descarga da corrente ao fim do experimento¹⁵. Por fim, “r” eram fios de platina para a condução elétrica durante o experimento, conforme ilustra a Figura 9.

Figura 9- Ilustração do experimento.



Fonte: Faraday (1833), p.304.

Após 28 batidas do relógio¹⁶, a eletrodecomposição ocorria e os indicadores marcavam ácido para os pedaços de *litmus* e base para os pedaços de turmeric (STOCK, 1991), chegando à conclusão de que, após 28 batidas do relógio, a máquina eletrostática conseguia realizar a eletrodecomposição formando ácido e base (SANTOS *et al.*, 2018; DRENNAN, 1965).

Para efeito de comparação, o cientista britânico elaborou e executou um outro experimento para observar o efeito da eletricidade voltaica com a ação da eletrodecomposição

¹⁵Em termos atuais, “t” seria chamado de aterramento (Stock, 1991).

¹⁶ Uma batida do relógio é igual a 2,5 segundos (Fischer, 2001).

(FARADAY,1833). Entretanto, Faraday não explica, em seu livro, por qual motivo foi utilizado um aparato diferente do experimento anterior, já que era para efeito comparativo.

Faraday então posicionou quatro tiras de papel, em uma espátula de platina, misturados com uma solução de iodeto de potássio. O aparato foi ligado com uma pilha feita com eletrodos de platina e zinco, em solução de ácido nítrico. Após oito batidas do relógio, foi obtido o mesmo resultado do experimento com eletricidade comum, ou seja, houve a formação ácido e base (SANTOS *et al.*, 2018; STOCK, 1991; DRENNAN, 1965).

A partir desses resultados, ele concluiu, ainda com mais certeza, que os dois tipos de eletricidade (voltaica e comum) eram exatamente o mesmo fenômeno, pois elas tinham o mesmo efeito de eletrodecomposição. Portanto, todos os outros “tipos” de eletricidade também deveriam ser originados da mesma manifestação. Como o próprio Faraday diz (1833, p. 327, *tradução nossa*):

Eu provei em uma recente série da pesquisa (pelo menos para minha satisfação) a identidade das eletricidades derivadas de diferentes fontes, e especialmente me referi às provas obtidas pelo uso da máquina elétrica comum e a bateria voltaica.

Em outro parágrafo de Faraday (1833), ele já havia tirado as conclusões e as implicações desse experimento, o que premeditava o notável anúncio da primeira Lei da Eletrólise. “[...] para esse caso da eletrodecomposição, e provavelmente, para todos os casos, a força Química assim como a força magnética é diretamente proporcional à absoluta quantidade de eletricidade que passa” (FARADAY,1833, p. 318, *tradução nossa*).

Neste aspecto, podemos descrever a primeira Lei da Eletrólise como: a massa da substância que está sendo liberada para um eletrodo é diretamente proporcional à quantidade de eletricidade que passa no sistema eletrolítico (SANTOS *et al.*, 2018; STOCK, 1991; DRENNAN, 1965).

Toscano (2011) exemplifica, em termos atuais, que a primeira Lei da Eletrólise pode ser resumida com o exemplo da eletrólise do cloreto de sódio. A quantidade de sódio depositada no cátodo, durante uma hora mantendo a quantidade de carga elétrica uniforme, é de aproximadamente 30 gramas. Se fizermos o mesmo processo durante duas horas, com a mesma quantidade de carga elétrica sendo mantida, a quantidade de sódio depositada será de 60 gramas.

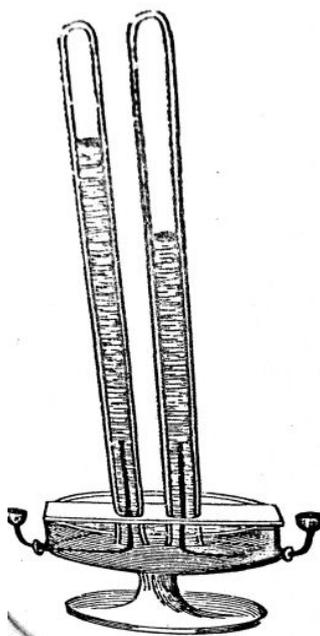
Com o advento da primeira Lei, Faraday começou a acreditar que a eletricidade estava diretamente relacionada à estrutura da matéria. Nessa época, a hipótese atômica ainda não era aceita por todos os cientistas. De fato, Faraday tinha muitas dúvidas e anseios sobre tal suposição atômica recém formulada por John Dalton (1766-1844). Em suas palavras, Faraday afirma (1833, p. 201, *tradução nossa*),

[...] não sabemos nada sobre o que o Átomo realmente é, entretanto não podemos resistir em formar ideias sobre partículas pequenas [...] existe uma imensidão de fatos que nos justificam acreditar que átomos de matérias estão dotados ou associados de alguma forma a força elétrica.

Com a primeira Lei da Eletrólise formulada, o cientista britânico começou a tentar trabalhar quantitativamente. Como Faraday não teve uma educação formal em sua juventude, ele era um cientista que dava muita importância à parte experimental da Ciência. Portanto, acabava não dando tanta atenção à parte quantitativa que estava relacionada aos seus ensaios laboratoriais (BALDINATO, 2009).

Planejando desvendar a estrutura da matéria, que estava relacionada à eletricidade, e buscando melhorar os seus dados quantitativos, Faraday construiu um instrumento denominado de volta-eletrômetro¹⁷, conforme Figura 10. Esse aparelho media o valor total da quantidade de eletricidade que era usada em algum experimento. Pesquisando uma melhor relação de dados quantitativos e qualitativos, deu início a novos ensaios.

¹⁷Atualmente conhecido como coulômetro.

Figura 10 - Volta-Eletrômetro

Fonte: Cardone (2008).p.98

O princípio do volta-eletrômetro era que, a partir da água acidulada, a corrente de uma bateria voltaica decomporia a água em hidrogênio e oxigênio, ambos coletados em tubos separados (FARADAY, 1833). O volume total dos gases produzidos era medido e a quantidade de corrente calculada, posteriormente, através da relação entre esses volumes e a decomposição dos gases (STOCK, 1991).

Antes da invenção do volta-eletrômetro, era usado um aparelho chamado de eletrômetro. Esse equipamento somente media a força da corrente elétrica de forma incerta. Tal aparato não era considerado muito preciso, pois era, basicamente, uma garrafa com uma escala feita, muitas vezes aleatoriamente, e que dependia de quem realizava a sua construção, ver Figura 11.

Figura 11- Eletrômetro.



Fonte: Acervo do Museo Galileo.

Conforme a Figura 11, o eletrômetro nada mais era do que uma garrafa de vidro fechada com uma escala. Na boca da garrafa, um fio de cobre entrava no recipiente até a proximidade com a escala, enquanto uma parte desse mesmo fio de cobre ficava para fora da tampa. Assim, com a aproximação de alguma corrente elétrica, o fio de cobre apontava para os valores, através do pedaço de fio que estava por fora do aparelho.

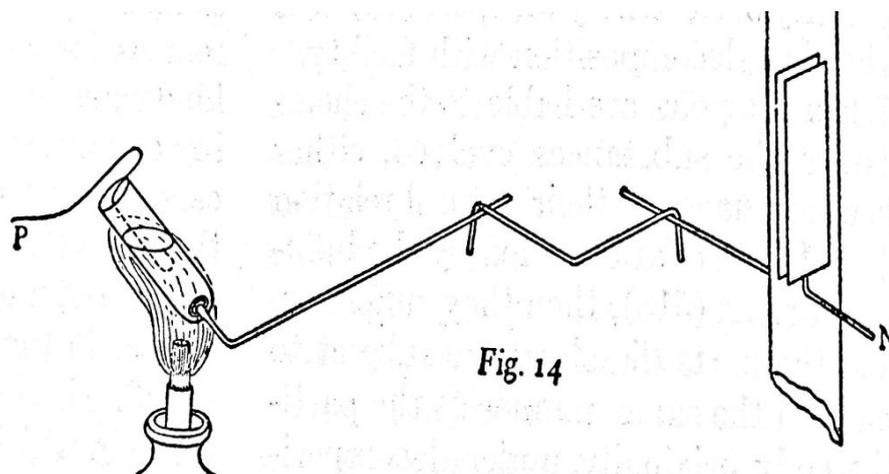
Um dos experimentos que Faraday realizou para provar a sua primeira Lei da Eletrólise, após a construção do volta-eletrômetro, foi feito com o fotocloreto de estanho, atualmente conhecido como cloreto de estanho II (FARADAY,1833).

O experimento deu-se por meio de um fio de platina (cátodo) que estava enrolado em um botão junto com uma das extremidades do aparato. O cátodo foi pesado e vedado em um tubo de vidro. O cloreto de estanho II foi então introduzido e aquecido para fundir-se. Após a introdução de um ânodo de fio de platina, o cátodo foi conectado a um volta-eletrômetro e a uma bateria voltaica (FARADAY,1833).

O resultado do experimento foi a produção do cloreto de estanho IV, no ânodo, enquanto o estanho (Sn) metálico liberado no cátodo formava uma liga com platina, que era líquida à temperatura de fusão. Após a coleta de um volume de gás definido por Faraday no

volta-eletrômetro, 3,85 polegadas cúbicas, o ânodo foi removido da massa fundida (FARADAY,1833). Em seguida, o vaso foi aberto e, após a remoção de sal e vidro, o cátodo foi pesado novamente para obter o peso de estanho depositado, como ilustra a Figura 12.

Figura 12- Aparato do experimento com o cloreto de estanho II



Fonte: Faraday (1833), p.346.

Após o mesmo experimento ser repetido quatro vezes, Faraday concluiu que, o cátodo, antes do experimento, pesava 20 grãos¹⁸ e, após a deposição, pesava 23,2 grãos. Então, a massa de estanho metálico envolvida no eletrodo era de 3,2 grãos. A quantidade de hidrogênio e oxigênio coletados no volta-eletrômetro foi de 3,85 polegadas cúbicas (in³). Faraday considerou, em seu trabalho, que para a formação de água eram necessárias 100 polegadas cúbicas de oxigênio e hidrogênio. Assim, convertendo esse valor em grãos, encontramos o valor de 12,92 grãos (FARADAY,1833).

Fazendo uma relação matemática simples, que pode ser vista abaixo, podemos calcular o valor em grãos que está contido em 3,85 in³ de água. Tal valor é igual a 0,49742 grãos de água.

$$\begin{aligned} 100\text{cm}^3 \text{ de água} &\leftrightarrow 12,92 \text{ grãos de água} \\ 3,85\text{cm}^3 \text{ de água} &\leftrightarrow X \text{ grãos de água} \\ X &= 0,49742 \text{ grãos de água} \end{aligned}$$

¹⁸Um grão equivale a 0,064g.

O passo seguinte, tomado pelo cientista britânico, foi a tentativa de calcular o equivalente químico¹⁹ do estanho a partir dos valores encontrados anteriormente, relacionando tais valores com o valor do equivalente químico da água, que já era conhecido na época (9 eq). A partir de cálculos matemáticos, que podem ser vistos abaixo, Faraday encontrou o valor de 57,9 equivalentes. Tal resultado era condizente com os resultados de Berzelius (FARADAY, 1833).

$$0,497 \text{ grãos de água} \leftrightarrow 3,2 \text{ grãos de Sn}$$

$$9 \text{ eq de água} \leftrightarrow X \text{ eq}$$

$$X = 57,9 \text{ eq}$$

A motivação de Faraday para o cálculo do equivalente químico²⁰ foi dada pela teoria de Davy e Berzelius, na qual eles acreditavam que a afinidade química era um mero resultado das atrações elétricas entre as partículas de matéria (FARADAY, 1833, p. 366).

Em meados do século XIX, existia uma disputa muito grande da utilidade da hipótese atômica formulada por John Dalton (1766-1844), uma vez que a comunidade científica estava dividida entre atomistas e equivalentistas (PULLMAN, 1998). Os atomistas acreditavam na hipótese de Dalton sobre o átomo ser indivisível, indestrutível e maciço²¹. Já os equivalentistas²², negavam-se a crer em tal hipótese, pois eles eram, em sua maioria, influenciados pelo positivismo de Augusto Comte (1798-1857), já que suas teorias eram baseadas, principalmente, nos fenômenos experimentais/observacionais (RUSSEL, 2017). Portanto, o fato de que os equivalentistas não podiam “ver” o átomo, era um fator crucial em sua crença. Logo, Faraday se recusava muitas vezes a acreditar na hipótese atômica, preferindo utilizar das teorias dos pesos equivalentes de Berzelius.

[...] Mas devo confessar que tenho ciúmes do termo átomo; [...] é muito fácil falar de átomos, mas é muito difícil formar uma ideia clara da natureza deles, especialmente quando corpos compostos estão em consideração (FARADAY, 1833, p. 212, Tradução nossa).

¹⁹O equivalente químico (eq), teorizado por Berzelius, foi o precursor do que conhecemos hoje por pesos atômicos.

²⁰ou de equivalentes eletroquímicos, como Faraday prefere chamar em seu livro.

²¹Tal hipótese foi banida do ensino de Química até meados do século XX (PULLMAN, 1998).

²²Em sua maioria, composta de cientistas franceses.

Além dos resultados com o estanho, Faraday também realizou o mesmo experimento com o chumbo, o antimônio, o bismuto e a água, obtendo resultados bastante semelhantes aos equivalentes químicos conhecidos na literatura da época. Ainda na mesma seção do livro, o cientista britânico nomeia seus resultados como “Equivalentes eletroquímicos” e afirma que “Equivalentes eletroquímicos coincidem e são os mesmos que os equivalentes químicos comuns” (FARADAY, 1833, p. 384).

Essas evidências levaram Faraday a concluir a segunda Lei da Eletrólise, qual seja: o peso do metal formado no eletrodo, durante a passagem de uma determinada corrente, era proporcional ao peso equivalente desse mesmo metal. E, a partir disso, propôs uma tabela para diversos íons, ver Figura 13.

Figura 13- Tabelas dos equivalentes de cátions e ânions.

847. TABLE OF IONS			
<i>Anions</i>			
Oxygen	8	Phosphoric acid	35.7
Chlorine	35.5	Carbonic acid	22
Iodine	126	Boracic acid	24
Bromine	78.3	Acetic acid	51
Fluorine	18.7	Tartaric acid	66
Cyanogen	26	Citric acid	58
Sulphuric acid	40	Oxalic acid	36
Selenic acid	64	Sulphur (?)	16
Nitric acid	54	Selenium (?)	
Chloric acid	75.5	Sulpho-cyanogen	
<i>Cations</i>			
Hydrogen	1	Mercury	200
Potassium	39.2	Silver	108
Sodium	23.3	Platina	98.6?
Lithium	10	Gold	(?)
Barium	68.7	Ammonia	17
Strontium	43.8	Potassa	47.2
Calcium	20.5	Soda	31.3
Magnesium	12.7	Lithia	18
Manganese	27.7	Baryta	76.7
Zinc	32.5	Strontia	51.8
Tin	57.9	Lime	28.5
Lead	103.5	Magnesia	20.7
Iron	28	Alumina	(?)
Copper	31.6	Protoxides generally.	
Cadmium	55.8	Quinia	171.6
Cerium	46	Cinchona	160
Cobalt	29.5	Morphia	290
Nickel	29.5	Vegeto-alkalies general-ly.	
Antimony	64.6?		
Bismuth	71		

Fonte: Faraday (1833), p.385.

Os trabalhos de Michael Faraday, que o levaram às elaborações das tabelas de equivalentes (eletroquímicos) de vários íons e também às duas Leis da Eletrólise, foram

importantes por vários motivos para o avanço científico da época. O primeiro deles, que podemos destacar, é o fato de que somente com Faraday a eletrodecomposição foi quantificada. Com essa visão, outros estudiosos da época puderam se basear em seus resultados para dar continuidade a hipóteses mais profundas sobre a eletricidade e seus efeitos.

Outro motivo que nos chama atenção, acerca da importância do trabalho de Faraday, foi que o cientista britânico criou uma nomenclatura para se referir à eletroquímica em geral²³. Termos como eletrodo, ânodo, cátodo, íon, ânion, cátion, eletrólito e eletrólise²⁴ foram criados e até hoje são utilizados. O terceiro ponto de importância nas discussões de Faraday é que os seus resultados de equivalentes eletroquímicos poderiam ter levado os cientistas da época a resolverem o problema dos valores de pesos atômicos e, talvez, até mesmo à hipótese de que o átomo estivesse relacionado com algum tipo de “eletricidade” (elétron).

Podemos notar, em uma passagem de seu livro, algo que corrobora com as afirmações acima. “[...] se nós adotarmos a teoria atômica [...] os átomos dos corpos que são equivalentes entre si em seu produto químico comum, contém quantidades iguais de eletricidade naturalmente associados.” (FARADAY, 1833, p. 212).

Por fim, como em várias passagens da Ciência, alguns debates sempre são vistos durante o percurso histórico de formulação de uma teoria, hipótese ou lei. Com as Leis da Eletrólise de Faraday, esses debates também existiram vindas de um jovem cientista italiano chamado Carlo Matteucci (1811-1868). O próximo capítulo trará um contexto maior de como se deu esse debate e as implicações dentro do meio científico, em meados do século XIX.

²³Com a ajuda de William Whewell (1794-1866).

²⁴Faraday utilizou os termos ânions e cátions para se referir às porções de matéria que eram descarregadas no ânodo e no cátodo respectivamente. Atualmente, os termos têm um significado diferente (Ihde, 1984)

7. CARLO MATTEUCCI

Este capítulo abordará a vida de Carlo Matteucci, desde a sua infância, passando pela sua iniciação na vida acadêmica até a polêmica da prioridade das Leis da Eletrólise. Tais passagens serão discutidas por tópicos explícitos no texto. Além disso, artigos, cartas e livros de Matteucci e de outros autores serão discutidos ao longo deste capítulo, para a organização das ideias, do objeto da seleção e dos estudos realizados. Tal abordagem possui o intuito de trazer algumas aproximações com as realizações de Faraday.

7.1 Infância e o Ateneo Forlívense

Carlo Matteucci, nascido no dia 20 de junho de 1811, na cidade de Forlì, região da Emilia-Romagna, norte da Itália, era o filho único do casal Vincenzo Matteucci e Chiara Folfi, ambos de origem burguesa. Seu pai, Vincenzo, era um médico bem conhecido que trabalhava no hospital da cidade como cirurgião. Durante a República Cisalpina²⁵ foi cirurgião militar e, por meio disso, ganhou prestígio perante a região de Forlì. Sua mãe Chiara pertencia a uma antiga família de patrícios que se alocaram na região de Forlì, por isso ela teve a oportunidade de desfrutar de uma educação melhor do que aquela que as mulheres da sua época podiam usufruir (BIANCHI, 1874).

Apesar da origem burguesa de seus pais, a família não tinha muitos recursos financeiros, logo suas propriedades se resumiam em uma modesta casa no centro da cidade e uma fazenda na região do interior (TOSCANO, 2011). Nunca faltou nada durante o período de infância de Carlo, que teve uma educação ligada aos costumes burgueses por conta da herança cultural de sua família.

No ano de 1823, Chiara veio a óbito em uma morte bastante prematura, quando Carlo ainda era uma criança de 12 anos. O trágico acontecimento abalou a estrutura familiar dos Matteucci, pois era Chiara quem se encarregava de cuidar de Carlo enquanto o seu pai, Vincenzo, estava trabalhando no hospital da cidade.

²⁵A República Cisalpina foi o estado em que Napoleão fundou do ano de 1797 a 1802. Esse estado era composto de boa parte das regiões do norte da Itália.

Após a morte de Chiara, Carlo foi obrigado a acompanhar seu pai durante as jornadas de trabalho no hospital. Relatos mostram que Carlo acompanhava as cirurgias as quais eram feitas por Vincenzo e, até mesmo, os exames em cadáveres (TOSCANO, 2011). Tal situação se mostra bastante importância para a futura carreira científica de Carlo Matteucci, não só pelo primeiro contato com a prática científica, mas também porque, desde muito jovem, mantinha uma íntima relação com a fisiologia humana. Acreditamos que esse fator foi crucial para o andamento de suas futuras teorias e hipóteses²⁶.

No mesmo ano da morte da mãe de Carlo Matteucci, Annibale Francesco Clemente Melchiorre Girolamo Nicola assumia o maior cargo da igreja católica, sendo nomeado como papa Leão XII. Todo o seu papado foi estruturado pela forte opressão aos cidadãos que seguiam ideias liberais. Além disso, estudiosos do campo de pesquisas médicas também foram perseguidos durante todo o reinado do papa Leão XII²⁷. Até mesmo as escolas eram vigiadas pela polícia, que buscava a obrigatoriedade de uma maior implementação das leituras sacras em salas de aula (BIANCHI, 1874).

Entretanto, na Cidade de Forlì, algo ímpar acontecia durante esse período. Nos anos de República Cisalpina, a pequena cidade era um dos centros intelectuais napoleônicos de ideias estritamente liberais. Por isso, tais ideias continuaram se difundindo, mesmo após o fim da República Cisalpina, com o estabelecimento de muitos intelectuais de costumes liberais na cidade (BALZANI, 1999).

Uma base de proprietários, empreendedores e comerciantes orientavam-se a aplicar as bases do poder laico em Forlì e, assim, por meio de sua influência econômica, não permitiam uma maior interferência do estado papal na pequena cidade. Essa base dominante da população, com a ajuda de alguns deputados laicos, conseguiu manter uma certa autonomia nas escolas, estabelecendo o controle dos conteúdos escolares que eram lecionados sem a forte repressão da polícia papal.

O ateneu forlívense tinha em sua época um caráter de modernidade na região, propondo diversas disciplinas de cunho interdisciplinar. Balzani (1999) explica que, até o ano

²⁶Carlo Matteucci foi um dos precursores da chamada eletrofisiologia, que se caracteriza pelo estudo da produção de corrente elétrica em seres vivos.

²⁷Apesar do papa Leão XII ser o responsável pela retirada de alguns estudos de Galileu Galilei do índice de livros proibidos, a perseguição a estudos de cunho médico foi intensificada, principalmente, quando tais estudos eram visados para a questão de vacinação.

de 1831, 400 membros do “clube revolucionário²⁸” estavam planejando implantar um curso de Química aplicado às artes, no ateneu da cidade. Tal visão multidisciplinar era fonte de inspiração para estudantes e cidadãos forliveses.

Biógrafo e amigo íntimo de Carlo Matteucci, Nicomede Bianchi (1874), relata em seu livro que, no ateneu da cidade, Carlo tinha uma grande simpatia pelas disciplinas de humanidades, como história e literatura italiana. Porém, desde pequeno, manteve sua paixão pelas Ciências Naturais. Sua maior influência na escola foi o professor de Física e Filosofia, Paolo Alberghetti. Paolo era um ex-padre franciscano que tinha deixado a igreja para lecionar suas ideias filosóficas e científicas influenciadas por Francis Bacon e Galileu Galilei. Apesar de não ter equipamentos para experimentos de física, Paolo conseguiu cativar Matteucci apenas com as suas aulas e descrições das experiências, como afirma Bianchi (1874, p. 10, tradução nossa) “Estas atitudes foram muito eficazes na mente de Matteucci”. A partir das aulas de Paolo Alberghetti, Carlo deu início às suas próprias especulações científicas (TOSCANO, 2011).

7.1.2 O contexto acadêmico vivenciado por Matteucci: a Universidade de Bolonha

Na cidade de Forlì não existia universidade. Portanto, após terminar os seus estudos escolares, Matteucci deveria se deslocar para outra cidade a fim de se graduar em um curso universitário. Durante esse período, o restante da Itália era dominado pelo estado pontifício, portanto a escolha de um curso universitário voltado para as humanidades, como literatura, não seria de seu interesse, pois a maioria dos profissionais dessa área acabavam sendo exilados ou presos. Como Matteucci se interessava também por Ciência, ele optou pela escolha do curso de Filosofia e Matemática²⁹, na Faculdade de Filosofia da Universidade de Bolonha.

Em novembro de 1825, com 14 anos, Matteucci acaba optando pelo ingresso no curso de Filosofia. Não existia uma prova para o ingresso nas universidades italianas, somente o diploma do Liceo dava direito do cidadão a se inscrever em um curso da universidade. Nessa época, as disciplinas da Faculdade de Filosofia de Bolonha eram distribuídas da seguinte forma, conforme Tabela 3.

²⁸ Um clube de ideias liberais que buscava reflexões sobre assuntos da cidade.

²⁹Atualmente seria equivalente ao curso de Física.

Tabela 3 - Distribuição das disciplinas do curso de filosofia em Bolonha

Ano letivo	Disciplinas
1 ^a ano	Lógica e Metafísica, elementos de Álgebra e Geometria.
2 ^a ano	Ética, Física, Introdução ao Cálculo.
3 ^a ano	Cálculo Sublime, Mecânica e Hidráulica, Ótica e Astronomia.
4 ^a ano	Mecânica e Hidráulica, Ótica e Astronomia.

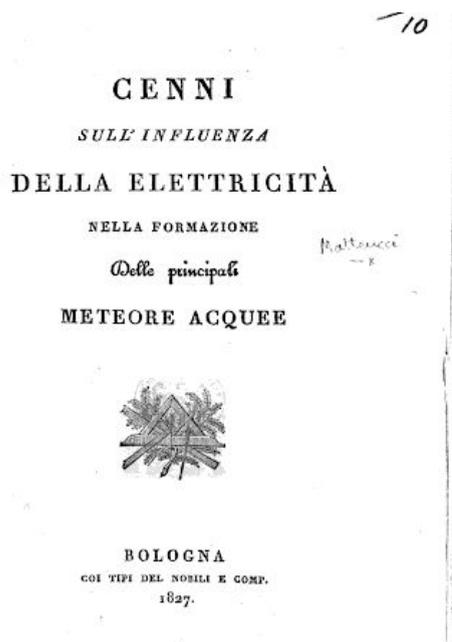
Fonte: Adaptado de Toscano (2011)

Por conta do forte governo opressor pontifício, a Universidade de Bolonha, naquele momento, não tinha mais a sua antiga tradição acadêmica e estava em uma fase de decadência científica. A seleção dos professores na Universidade não tinha critérios de mérito acadêmico, logo os professores eram indicados aos cargos na Universidade por interesse político da igreja (TOSCANO, 2011). Em Bolonha, Matteucci não aprimorou os seus conhecimentos de cálculo e, pelo resto de sua vida científica, demonstrou sempre conceitos bastante rudimentares nos conteúdos matemáticos.

Durante os primeiros anos em Bolonha, um professor, em particular, chamou a sua atenção, pois se destacava em caráter científico dentre os demais docentes, seu nome era Francesco Orioli (1783-1856), professor de Física, com grande interesse em Química, Arqueologia e Filosofia. Provavelmente, foi Orioli quem despertou o interesse de Matteucci pela Química. Bianchi (1874) afirma que Orioli ajudou Matteucci com seus primeiros estudos de eletricidade. Em 1827, no segundo ano de Universidade, Carlo Matteucci, com 16 anos, publica seu primeiro ensaio científico, “*Cenni sull’influenza della elettricità nella formazione delle principali meteore acquee*”³⁰, a folha de rosto do seu ensaio pode ser visto na Figura 14.

³⁰ “Notas sobre a influência da eletricidade na formação dos principais meteoros de água”

Figura 14 - Folha de rosto do primeiro artigo de Matteucci



Fonte: Acervo do Museo Galileo.

Uma página foi dedicada à ajuda do professor Francesco Orioli. No primeiro ensaio publicado por Matteucci, um trecho dessa homenagem pode ser lida a seguir:

Entre as obrigações infinitas que tenho para com você, devo muito à solicitude com que sempre me animou a estudar [...] ainda assim não posso passar sem dar um sinal público de gratidão, pelo contrário, quero antes ser um pouco menos digno de ser ingrato (MATTEUCCI, 1827).

Esse ensaio introdutório de Matteucci trata-se das relações dos fenômenos elétricos que ocorrem sobre temperatura e pressão atmosférica nas nuvens durante as chuvas. Não se trata de nenhum estudo inédito na Ciência da época, o próprio Matteucci afirma isso no início de seu ensaio. O único fator interessante desse artigo (além de ser o primeiro artigo publicado de Matteucci), para essa dissertação, é o fato de que Matteucci corroborava com as ideias de que existiam várias eletricidades, tais como a eletricidade positiva e negativa que ele cita em seu ensaio.

Outros três artigos sobre fenômenos elétricos e atmosféricos foram publicados nos anos de 1827 e 1828³¹. Durante esse mesmo período, o jovem cientista italiano iniciou uma troca de cartas com o físico Leopoldo Nobili (1784-1835), conhecido em sua época pela invenção do galvanômetro (1825), um instrumento que servia para medir a corrente elétrica de baixa intensidade, como pode ser visto na Figura 15, (CARDONE, 2011).

Figura 15- Galvanômetro de tipo Nobili.



Fonte: Acervo do Museu Galileo.

Durante o período de férias da Universidade, Matteucci retornava a Forlì para visitar o seu pai e revezavam o tempo das férias entre as idas ao hospital regional e os finais de semana na pequena fazenda da família. Durante esse período livre, Matteucci tinha muito contato com os amigos do seu pai que, em sua maioria, tinham visões políticas de acordo com os ideais liberais.

³¹ “Discorso sul periodo dei temporali”, ”Del temporale”e “Discorso sulle pietre meteoriche”.

7.1.3 Retorno a Forlì e isolamento científico

Finalmente, no dia 25 de janeiro de 1829, com 18 anos, Carlo Matteucci recebe o seu diploma em Filosofia da Universidade de Bolonha. Ao final do curso, escreveu uma tese de conclusão sobre mecânica geral. Após o término da graduação, retornou a Forlì para dar continuidade às suas próprias pesquisas, pedindo a ajuda de uma escola da região que possuía um laboratório e alguns equipamentos rudimentares. Entretanto, não satisfeito com o ambiente e com os aparelhos para realizar as suas experiências, Matteucci resolveu montar um pequeno laboratório em um quarto da casa do seu pai. Toscano (2011) afirma que o jovem cientista montou e construiu diversos aparelhos de física experimental para serem utilizados nos seus ensaios.

Durante os meses de volta a Forlì, Matteucci foi ajudado pelo secretário doméstico do seu pai, Innocenzo Lazzari³², que o auxiliava nos experimentos e também com aulas de francês³³. Após 11 meses do retorno à sua cidade natal, Matteucci publica mais um ensaio sobre meteorologia elétrica, intitulado de “*Influenza dell'elettricità terrestre sui temporali*” e deu continuidade a outras pesquisas de caráter geológico na região da Emilia-Romagna.

No período em que se estabelece em Forlì, sua pesquisa científica não avança muito pela falta de equipamentos adequados e, também, por conta de seu isolamento quase total da comunidade científica europeia da época. A falta de institutos especializados em Ciência durante o século XIX, na Itália, foi o ponto crucial para o isolamento dos mais diversos cientistas desse período. Por conta do regime pontifício, não existiam cátedras para todas as pessoas que se formavam e queriam trabalhar com pesquisa científica.

A única solução para fugir do isolamento científico era emigrar para outro país, como Inglaterra ou França, portanto, com a ajuda de seu pai Vincenzo, conseguiu ir morar em Paris, em busca de fugir do isolamento e aprofundar seus estudos em outra universidade de maior renome, como a Universidade de Sorbonne, famosa em sua época pela pesquisa de ponta em ciências naturais.

³²Lazzari se tornou professor elementar após os anos como ajudante de Carlo Matteucci.

³³Em meados do século XIX, a maior parte dos estudos científicos eram publicados em francês.

7.1.4 Período em Paris

Carlo Matteucci chega à cidade de Paris em meados de outubro de 1829. Sua residência se localizava na rua de *la Harpe*, número 101 do bairro Latino. Esse bairro se localiza às margens do Rio Senna e fica muito próximo da Universidade de Sorbonne, onde o italiano iria passar alguns meses fazendo suas pesquisas. Durante os oito meses em que permaneceu na Universidade de Sorbonne, Matteucci teve como professores diversos cientistas renomados, como o físico Claude Pouillet (1791-1868), o inventor da célula fotovoltaica Antoine-César Becquerel (1788-1878), o químico Michel-Eugène Chevreul (1786-1889) e, principalmente, o astrônomo Jean-François Dominique Arago (Toscano, 2011).

No estimulante ambiente da Sorbonne, ele realizou diversas investigações nos laboratórios de Física, Química e Anatomia Comparada. Com uma boa estrutura a seu dispor, o jovem italiano ganhou grande relevância no meio acadêmico de estudantes da Universidade, publicando dois artigos em uma das maiores revistas científicas da Europa, a *Annales de Chimie et de physique*.

O primeiro artigo que Matteucci publicou na revista *Annales* estava relacionado ao processo de putrefação dos tecidos animais, intitulado como “*Sur la putréfaction animale*”. O segundo artigo publicado nesse período se tratava de um estudo sobre o exame químico em restos de cérebro humano (MATTEUCCI, 1829, 1830). Não foram esses dois estudos que imortalizaram a vida acadêmica de Matteucci, mas Toscano (2011) afirma que tais artigos publicados na *Annales* lançaram o italiano, de apenas 18 anos, ao mundo acadêmico europeu.

Outro aspecto importante da vida de Matteucci, durante os meses na Universidade em Paris, foi o seu forte interesse por disciplinas de cunho humanístico, como Direito Administrativo e História da Civilização. Tais disciplinas eram lecionadas pelo principal professor de pensamento liberal da Universidade, François Pierre-Guillaume Guizot (1787-1874). Desde a sua infância, Matteucci já conhecia as ideias de Guizot, pois era um dos autores favoritos da sociedade dos liberais de Forlì (BIANCHI, 1874).

O período em Paris foi breve, mas bastante proveitoso para sua vida acadêmica, social e política. Seu retorno à Forlì se deu em junho de 1830, pelo fato da piora clínica no estado de saúde do seu pai.

7.1.5 Novo retorno à cidade natal

Durante o retorno ao seu pequeno laboratório, na casa de seu pai, Matteucci conduziu uma série de experimentos para examinar dois fenômenos de eletricidade, o efeito químico da corrente elétrica e a ação exercida pela eletricidade em organismos vivos.

Sobre o efeito químico da corrente elétrica foi publicado um artigo intitulado “*Sur la décomposition des sels métalliques à l’aide de la pile voltaïque*”³⁴, em 10 de setembro de 1830, na revista parisiense *Annales de Chimie et de physique*. Esse artigo aborda uma forma peculiar em que o italiano, utilizando a pilha de Volta, conseguiu “quebrar” alguns sais metálicos como o cloreto de cobre, iodeto de zinco e o iodeto de ferro.

Nesse momento, acreditava-se que em toda eletrólise se obtinha gás hidrogênio no eletrodo negativo e gás oxigênio no eletrodo positivo, entretanto, ao realizar ensaios com cloreto de cobre, Matteucci encontrou apenas o gás oxigênio no polo positivo e uma deposição de cobre metálico no polo negativo (MATTEUCCI, 1830). Matteucci acabava de observar que o cobre tinha maior poder de oxidação e, portanto, ele se depositava no eletrodo, ao invés de aparecer o gás hidrogênio.

Depois de carregar uma bateria de coluna de cerca de trinta células, mandei fluir os condutores de platina com uma solução de sal marinho, e imediatamente as bolhas de gás foram liberadas de uma e da outra extremidade. Tendo então carregado o mesmo fio em uma solução de sulfato de cobre, fiquei encantado em ver a cessação do gás hidrogênio inteiramente em volta do fio negativo, embora ele estivesse coberto com cobre metálico, enquanto a emissão de oxigênio continuava ao redor do fio positivo (MATTEUCCI, 1830, p. 322)

Esse trabalho logo chamou a atenção de diversos estudiosos³⁵, lançando um novo olhar sobre o comportamento de sais metálicos quando dissolvidos em água. O outro trabalho que desenvolveu, nessa mesma época, sobre o efeito químico da corrente elétrica em seres vivos não teve tanta expressão na comunidade científica (MATTEUCCI, 1830).

O grande interesse de Matteucci sobre os efeitos elétricos e meteorológicos ainda eram relevantes neste período de sua vida, realizando pesquisas no seu laboratório e, também, em

³⁴ “Sobre a decomposição de sais metálicos usando a pilha voltaica”.

³⁵ Arago apresentou o trabalho de Matteucci para a Academia de Ciências de Paris no dia 15 de novembro de 1830.

campo. Ainda se deslocava para Cervia ou Cesenatico, duas cidades litorâneas, a fim de realizar estudos em alto mar durante tempestades, em

[...] era um pequeno barco de pesca, no qual se colocava um grande poste, que se comunicava por meio de um fio de cobre com um aparelho colocado na margem para estudar a eletricidade do ar entre a terra e o mar (BIANCHI, 1874, p. 27).

Alguns meses após a realização da sua pesquisa de campo, uma revolução dos Carbonários³⁶ aconteceu no Norte da Itália. No ano de 1831, a Itália, além de ter alguns estados dominados pelo opressor poder pontifício, era também governada por uma família austríaca, os Habsburgo.

Os Carbonários lutavam pela unificação da Itália em um só governo, de origem patriota, e sem a presença da igreja nas decisões do país. Em um primeiro momento, os Carbonários conseguiram a libertação de alguns estados pontifícios das mãos da igreja católica, entretanto, as tropas austríacas tomaram e reestruturaram o poder no Norte da Itália. Apesar de seus ideais liberais, Matteucci não teve, nesse momento, como lutar na tentativa de independência do Norte da Itália, pois o seu pai se apresentava em estado grave de saúde, desde o fim de 1830.

Durante vários meses após a retomada do domínio em Forlì, Matteucci foi constantemente vigiado pela polícia pontifícia, pelos seus fortes ideais liberais e pela amizade com vários Carbonários. Muitos de seus amigos foram presos ou fugiram para outros países.

Essa vigília não impediu o cientista italiano de produzir artigos científicos. No espaço de tempo de seis meses, ele publicou três estudos sobre a ação do cloro sobre a bile³⁷, um estudo sobre a ação do calor no chumbo³⁸ e um sobre a influência do calor no magnetismo³⁹. Após a publicação desses artigos, Carlo ganhou prestígio na sociedade científica do Norte da Itália e, a partir disso, no outono de 1831, foi convidado a ser colaborador da revista *Annali delle scienze del regno Lombardo-Veneto*, que naquele momento era a revista científica mais prestigiada na península italiana.

³⁶Sociedade secreta de origem italiana que lutava pela diminuição do poder da igreja nos estados e também sobre o domínio francês e austríaco na península italiana.

³⁷ Carlo Matteucci, *Azione del cloro sulla bile*, Casali, Forlì, 1831.

³⁸ Carlo Matteucci, *Esame dei fenomeni presentati dall'azione del calore sull'acetato neutro di piombo, e dei prodotti che si svolgono*, Casali, Forlì, 1831

³⁹ Carlo Matteucci, *Discorso sull'influenza del calore sul magnetismo*, Casali, Forlì, 1831.

7.1.6 Primeiro contato com Michael Faraday e a morte de Vincenzo

Apesar do isolamento científico e da situação de saúde do seu pai, Matteucci não deixou de produzir diversos artigos para revistas importantes da Itália e da Europa. Mesmo sem ocupar nenhum cargo em alguma universidade ou instituto escolar, com apenas 20 anos de idade, o italiano já possuía prestígio no meio acadêmico da época.

Seu período em Paris o ajudou a criar contato com os mais produtivos cientistas do século XIX. De 1832 a 1834, Carlo intensificou a troca de correspondências com seus ex-professores em Paris, com vários pesquisadores italianos como Giovanni Battista Amici (1786- 1863), então diretor do observatório astronômico do museu de Física e História Natural de Florença, e outros pesquisadores estrangeiros tais quais Auguste-Arthur de La Rive (1801-1873), pesquisador que tinha interesse em temas como eletricidade e magnetismo e, principalmente, Michael Faraday.

A primeira carta que Matteucci enviou para Faraday não ficou conhecida, porém através da carta resposta, em outubro de 1833, podemos deduzir do que se tratava o primeiro contato do italiano.

Royal Institution, Outubro de 1833,
 Senhor, eu estou em débito por sua gentileza de me enviar seus documentos e pela sua boa opinião. Todas essas marcas de boa vontade são estímulos para mim, incitando-me a avançar no curso que obtive tais elogios. Estando convencido de que você não pode deixar de buscar a ciência por meio de experimentos, não preciso expressar uma esperança de que você o faça com coragem. Nenhum homem sensato pode trabalhar sem ter sucesso, e você provavelmente não sairá de um curso que já tornou conhecido seu nome em todo o continente Europeu. Sempre ao seu dispor, M. Faraday (JAMES, 1991, p. 151).

O primeiro contato de Matteucci com Faraday, provavelmente, deu-se por conta do seu trabalho sobre a corrente eletromagnética (MATTEUCCI, 1833)⁴⁰, assunto de interesse do cientista inglês. Faraday certamente conhecia o nome de Matteucci pelos seus estudos e artigos publicados em periódicos internacionais. Nessa carta resposta, percebe-se também uma espécie de motivação para que o italiano continuasse realizando seus experimentos e publicando seus artigos, pois naquele momento ele já tinha conseguido prestígio fora da Itália.

⁴⁰Sulle correnti elettro-magnetiche di Faraday, Casali, Forli, 1833.

Na terceira linha da carta, subentende-se ainda que Matteucci tenha explicado brevemente o que se passava nas instituições acadêmicas da península italiana e o quanto era difícil conseguir algum cargo de professor ou de diretor em algum museu de Ciências Naturais.

Alguns meses após receber a carta de Faraday, em junho de 1834, seu pai, Vincenzo, morre por conta das complicações de uma doença que o tinha deixado totalmente debilitado durante dois anos. Logo após a morte de seu pai, Carlo deixa a casa da família Matteucci para nunca mais retornar e hospeda-se na casa de um amigo da família durante o período de luto. Por conta da doença de seu pai, não havia sobrado muito dinheiro para sustentar uma vida como antes. Precisava com urgência encontrar uma fonte de renda para se sustentar e dar o suporte necessário para a sua vida como pesquisador.

As fortes correspondências com diversos pesquisadores italianos, desde o ano de 1832, permitiram a Carlo Matteucci uma oportunidade de sair de Forlì. Giuseppe Gazeri (1771-1847), um químico influente, que habitava na cidade de Florença, na região da Toscana, na Itália, influenciou-o a se mudar para Florença após a morte de seu pai e, assim, dar continuidade ao seu sonho de se manter financeiramente através da carreira científica.

7.1.7 Trabalho em Florença

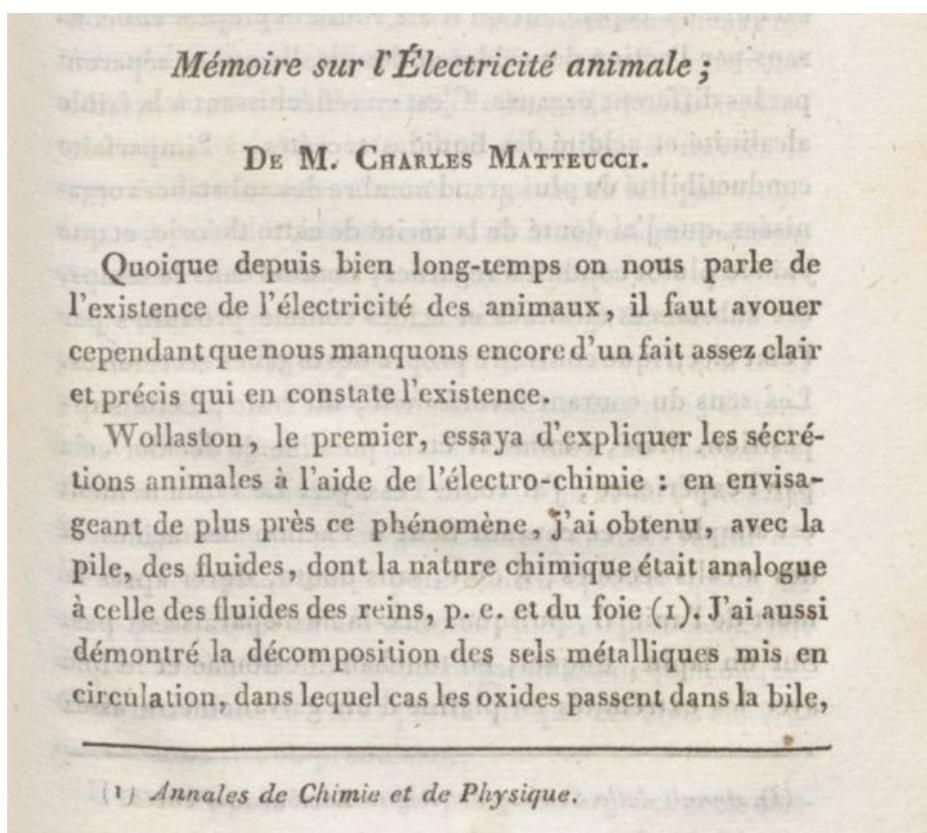
A região da Toscana, em meados do século XIX, tinha como forma de governo uma monarquia implantada pela família austríaca dos Habsburgo-Lorena. Ferdinando III Habsburgo-Lorena (1769-1824) e seu filho Leopoldo II de Habsburgo-Lorena (1797-1870) realizavam a administração da região que tinha como capital a cidade de Florença. Juntos, pai e filho criaram um ambiente ímpar na região e, principalmente, na sua capital (Toscano, 2011).

Diferentemente dos outros estados que eram dominados pelos austríacos e pela igreja católica, a Toscana tinha uma atmosfera pacífica e o bem-estar prosperava para a população. Ferdinando III e Leopoldo II realizaram reformas em âmbito administrativo, econômico e social que os rendeu muito mais eficiência na estruturação do estado. Junto com essas reformas, a circulação de livros, revistas e ideias eram facilitadas, principalmente, por Leopoldo II, que tinha um interesse particular por Ciência, de modo geral, e, também, pela obra de Galileo Galilei (1564-1642).

Esse ambiente estimulante era essencial para Carlo e dar continuidade às suas pesquisas científicas. Então, no verão de 1834, com vinte e três anos, Matteucci chega em Florença para realizar alguns experimentos no Museu de Física e História Natural da cidade. Esse museu não era um instituto de formação acadêmica, porém, um grande número de pesquisas científicas, consideradas de ponta, eram realizadas naquele ambiente. Os seus principais pesquisadores eram Giovanni Battista Amici, já anteriormente mencionado, encarregado do observatório astronômico e Leopoldo Nobili (1784-1835), cientista que estudava o eletromagnetismo e os efeitos da corrente elétrica.

Em 10 de setembro de 1834, Matteucci publica o seu primeiro artigo, poucos meses após se instalar em Florença, com o título de “*Mémoire sur l’électricité animale*”⁴¹, como ilustra a Figura 15. Esse artigo tratava-se de vários experimentos que o jovem cientista italiano tinha conduzido com rãs e coelhos, revivendo a memória de Luigi Galvani e reafirmando a existência da eletricidade animal.

Figura 16- Primeira página do artigo de Matteucci sobre a eletricidade animal



Fonte: Acervo do Museu Galileo.

⁴¹ “Pensamentos sobre a eletricidade animal”.

A ideia defendida por Matteucci era de que existia uma eletricidade proveniente de seres vivos. Tal ideia voltava-se ao embate de Galvani e Volta. Revivendo as ideias de Galvani, Matteucci, nesse artigo, afirma que somente com os estudos do peixe elétrico, mais conhecido como peixe torpedo, seria possível desvendar as ideias da eletricidade animal (MATTEUCCI, 1834). O peixe torpedo era bastante conhecido nas imediações do mar adriático, que estava a poucos quilômetros da cidade natal de Matteucci, Forlì.

Apesar de ter sido publicado em uma das revistas melhor conceituadas da Europa, o artigo de Matteucci sofre refutação poucas semanas após sua publicação. Leopoldo Nobili, reconhecido pesquisador do Museu de Física e História Natural da cidade de Florença, já havia realizado experimentos que envolviam a então eletricidade animal e assim, logo após a publicação de Carlo, Nobili publica um artigo de análise do trabalho de Matteucci, no qual Nobili afirmava que, no artigo de Carlo, não havia nada que sustentasse a então chamada “eletricidade animal”.

Nobili se referiu ao jovem cientista italiano com muito cuidado para não manchar a imagem do pesquisador de apenas vinte e três anos. Como Toscano (2011) afirma, Nobili se refere aos erros conceituais de Matteucci como uma consequência do esforço que o jovem empenhava para desvendar os mistérios da eletricidade animal. Vale ressaltar que Nobili e Matteucci estavam trabalhando no mesmo ambiente do Museu de Física e História Natural em Florença, portanto, o experiente pesquisador evitou um mal-estar com o jovem que estava dando início à sua carreira científica.

Não existe registro de como Matteucci recebeu a crítica de Nobili ao seu trabalho. Entretanto, posteriormente, poderemos visualizar que tal crítica não desmotivou o jovem a realizar estudos sobre a eletricidade animal.

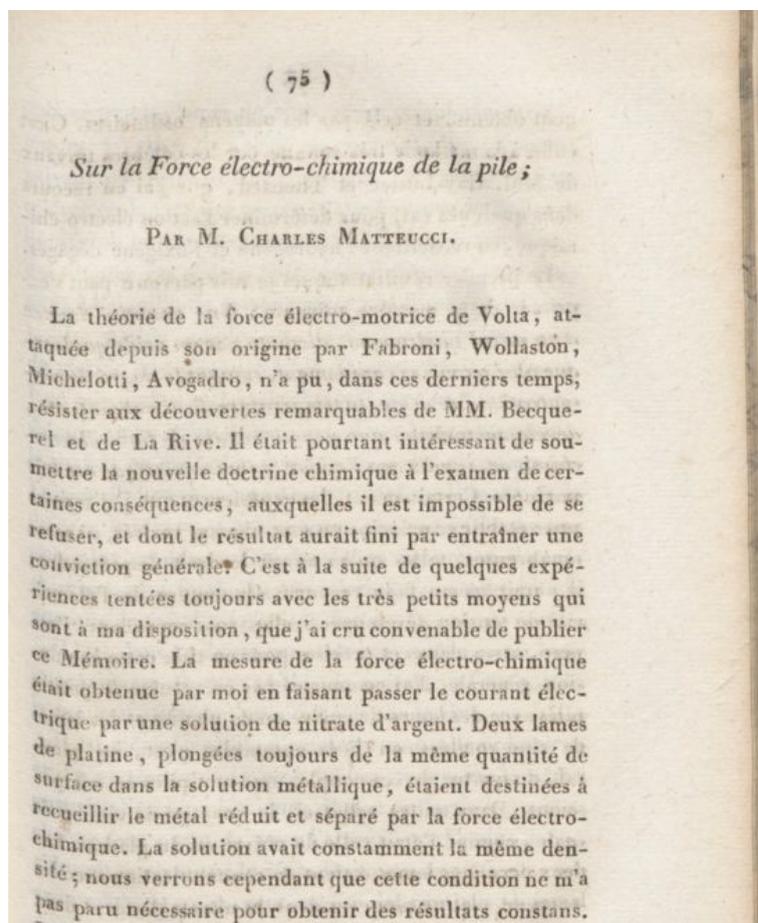
Após a publicação de setembro de 1834, Carlo finalizou um outro artigo em que estava elaborando e o submeteu para publicação um mês após o anterior. Esse artigo se chamava “*Sur la force électro-chimique de la pile*”⁴² (MATTEUCCI, 1835) e na próxima seção esse artigo e suas implicações serão mais detalhados.

⁴²“Sobre a força eletroquímica da Pilha”.

7.2 Carlo Matteucci e seu trabalho sobre eletrólise

O trabalho intitulado “*Sur la force électro-chimique de la pile*” foi publicado, primeiramente, em uma revista italiana chamada *Tipografia Galileiana*, que era impressa e distribuída na própria cidade de Florença. Assim, esse artigo foi originalmente publicado no ano de 1834, como afirmam Bianchi (1875) e Toscano (2011). Após a primeira publicação desse texto na Itália, foi enviada a mesma cópia para a famosa revista científica francesa “*Annales de Chimie et de physique*”, revista essa em que Matteucci já tinha publicado outras memórias científicas. A motivação de enviar artigos para tal revista era, simplesmente, porque toda a comunidade científica voltava os seus olhos para artigos publicados nesse periódico, ver Figura 17.

Figura 17- Primeira página do artigo de Carlo Matteucci sobre a eletrólise



Fonte: Acervo do Museu Galileo.

Podemos notar que o artigo está escrito originalmente em língua francesa. Nesse momento da História da Ciência, é importante destacar que essa era uma das línguas de maior importância para a comunicação científica. Diferentemente de Faraday, Matteucci publica um artigo que era puramente descritivo, sem nenhuma figura, tabela, cálculo ou ilustração dos seus ensaios experimentais, o que o torna bastante complexo e, muitas vezes, confuso. Em seguida, destacamos o primeiro trecho do artigo de Carlo Matteucci,

O teorema da força eletromotriz de Volta, questionado desde que se originou, por Fabroni, Wollaston, Michelotti e Avogadro, não resistiu às notáveis descobertas de Becquerel e Rive. No entanto, foi interessante submeter a nova doutrina química ao exame de certas consequências, às quais é impossível ignorar, e cujo resultado teria resultado em uma convicção geral. Assim, depois que alguns experimentos [...] achei oportuno publicar este memorial (MATTEUCCI, p. 75, 1834).

O teorema ao qual Matteucci se refere trata-se da chamada Teoria do Contato de Alessandro Volta. Volta acreditava que o simples contato entre dois metais originava a corrente elétrica da pilha e, ainda, supôs que sempre deveria existir um metal nobre como prata ou platina, para um melhor funcionamento da força elétrica (VOLTA, 1800). Não precisou de muito para que vários cientistas refutassem a teoria do contato, como os citados por Matteucci no parágrafo anterior. Porém, foi Antoine-César Becquerel (1788-1878) que combateu a Teoria do Contato mais fortemente, explicando que uma certa ação química deveria ser a fonte originária da corrente elétrica da pilha e não o simples contato entre os metais (IHDE, 1984).

Matteucci não cita Faraday como um dos combatentes da Teoria do Contato. Porém, em seu livro “*Experimental Researches in Electricity*”, o cientista britânico deixa claro que não é o contato que causa a corrente elétrica, mas sim, a ação química. Faraday exemplifica que se a ação química de uma pilha é suspendida ou diminuída, a corrente elétrica sofre o mesmo efeito.

Em seguida, Matteucci diz: “A medição da força eletroquímica foi descoberta por mim, passando a corrente elétrica através de uma solução de nitrato de prata (MATTEUCCI, 1834, p. 75)”. Essa afirmação nos leva a inferir que o cientista italiano não tinha ciência sobre

os experimentos e hipóteses de Faraday e que, por conta disso, acabou evidenciando os mesmos resultados do cientista inglês.

O primeiro experimento se iniciou pela construção de pequenas pilhas de Volta que continham placas de cobre (ou platina) e zinco separadas por uma solução de ácido sulfúrico. Pode-se deduzir que existia algum pedaço de cortiça ou de pano embebido com o ácido, pois era dessa forma que seria feita uma pilha, em meados do século XIX (VOLTA, 1800; NICHOLSON, 1800).

Todos os metais para a construção da pilha continham o mesmo peso, porém, em seu artigo, Matteucci não especifica o peso dessas placas metálicas.

Após a confecção, a pilha foi conectada através de fios condutores⁴³ em duas placas de platina previamente pesadas e embebidas em um recipiente contendo uma solução de Nitrato de Prata. Um Galvanômetro, do tipo Nobili, estava conectado no aparato para identificar a corrente elétrica que passava no sistema.

Quando a pilha de Volta era ligada ao aparato, a eletrólise no recipiente dava-se início. Dentro do recipiente onde estavam os eletrodos, a prata que estava em solução aquosa se deposita no cátodo. Matteucci continuava a reação até a placa de zinco da pilha ser completamente destruída pelo processo e depois do zinco ser completamente inutilizado, o que caracteriza o fim da vida útil daquela pilha. Então, Matteucci retirava o eletrodo de platina e pesava novamente.

A partir desse resultado, Matteucci pôde concluir que a massa da substância depositada no eletrodo é proporcional à quantidade de eletricidade que passa no aparato. Aqui, podemos notar que o cientista italiano chegou à mesma conclusão que Faraday obteve anos antes sobre a primeira Lei da Eletrólise. Nas Palavras de Matteucci:

Ao variar também a quantidade de zinco dissolvido nas primeiras pilhas, ou variando a quantidade de ácido no meio comum, obtive forças eletroquímicas medidas pelo metal separado, quase sempre proporcional à quantidade de zinco destruída [...]. É fácil ver que, de acordo com este princípio, a quantidade de eletricidade desenvolvida pela mesma quantidade de metal dissolvido (positivo) é igual (MATTEUCCI, 1834, p. 76).

⁴³Matteucci também não especifica quais tipos de fios são utilizados, mas acreditamos que esses fios eram feitos de cobre ou de platina, pois esses metais eram geralmente utilizados nesse tipo de experimento durante o século XIX (VOLTA, 1800; NICHOLSON, 1800).

Junto com a conclusão de Matteucci sobre seu primeiro experimento, podemos notar que o cientista italiano seguiu um caminho oposto ao caminho utilizado por Michael Faraday. Matteucci partiu de uma determinada quantidade de metal conhecida e, a partir disso, calculou a quantidade de eletricidade que estava envolvida no processo da eletrólise. Essa afirmação fica clara em seu artigo, apesar de Matteucci não ter demonstrado quais cálculos ele utilizou para chegar a tais conclusões.

Ainda neste artigo, Matteucci escreve sobre um outro resultado que havia chegado após passar uma corrente elétrica, originada de uma pilha, por diferentes soluções metálicas como cobre e prata, que estavam ligadas entre si por placas de platina imersas no recipiente. Após o experimento, Matteucci (1834) obteve tais resultados;

O segundo resultado é que ao passar a corrente elétrica desenvolvida por alguma ação química através de várias soluções metálicas, as quantidades de metais reduzidas e separadas nessas diferentes soluções são variáveis e, independentemente de suas densidades relativas, elas estão sempre na mesma proporção que os equivalentes químicos desses mesmos metais (p. 78).

Apesar de nesse segundo experimento o cientista italiano também não demonstrar quais cálculos o levaram a essa conclusão, podemos entender que os resultados são muito similares à segunda Lei da Eletrólise de Michael Faraday. A conclusão que podemos tirar de tal artigo é que Matteucci chegou às duas Leis da Eletrólise, as quais Faraday evidenciou com mais detalhes em seu livro “*Experimental Researches in Electricity*”, de 1833. Porém, o italiano utilizou experimentos diferentes dos que Faraday usou e, também, seguiu o caminho inverso de Michael.

Para tirar conclusões sobre os seus ensaios, Matteucci partiu de uma quantidade de metal conhecida e encontrou a quantidade de força elétrica do aparato, apesar de não ter demonstrado quais cálculos utilizou para chegar a tais conclusões. Já Faraday, partiu de uma certa quantidade de eletricidade e, através dela, calculou as quantidades de metais envolvidas no experimento.

Chegamos assim à elucidação de que os ensaios experimentais realizados confirmam as Leis da Eletrólise de Faraday. Entretanto, o italiano afirma, em seu artigo publicado na revista francesa, que a ideia de tais afirmações foi originalmente dele, o que acabou gerando uma polêmica entre a comunidade científica da Europa em meados do século XIX.

No número da *Annales de Chimie e de Physique* de janeiro deste ano⁴⁴, será encontrado um breve artigo de Matteucci de Florença, que não pode ser lido sem surpresa por todos aqueles que seguem as importantes pesquisas do Sr. Faraday, de fato, eles observarão que o autor apresenta as mesmas descobertas da ação eletrolítica definida, que ele explica de uma maneira menos perfeita, mas semelhante à do filósofo inglês. O artigo de Matteucci é de outubro de 1834; A sétima edição do Sr. Faraday, ao contrário, é datada de 1 de dezembro de 1833: além disso, seu quarto artigo, no qual a lei antes mencionada já está claramente declarada, é de 15 de abril do mesmo ano. Para quem, portanto, a honra de prioridade neste caso pertence é auto-evidente. É possível, embora não muito provável, que as obras de outros países sejam muito vagarosamente [distribuídas] para o conhecimento dos filósofos florentinos; lembremo-nos, no entanto, de quão rapidamente eles conseguiram o conhecimento da magnetoeletricidade⁴⁵; mas como as descobertas do Sr. Faraday poderiam ser tão desconhecidas ou voluntariamente ignoradas em Paris, que um ano depois o tratado de Matteucci poderia ser apresentado ao público, sem um único comentário, é verdadeiramente incompreensível⁴⁶. Para a ciência é, de fato, indiferente por quem suas fronteiras são ampliadas (embora ninguém reconheça a verdade desta máxima quando se trata de seu próprio interesse); mas uma descoberta de tamanha importância como esta última de Sr. Faraday, sem dúvida o único avanço real em nosso conhecimento da ação química da eletricidade desde 1800, o ano do descobrimento da decomposição da água pela bateria, tal descoberta requer alguma gratidão para com o seu originador, e o reconhecimento público de seu direito de prioridade bem fundado é o menor tributo de agradecimento que pode ser pago a ele (POGGENDORFF, 1835, p. 421-422).

Após as duras críticas de Poggendorff (1835) a respeito do trabalho do italiano, Matteucci que ainda estava em Florença, resolve escrever uma carta de explicação diretamente para o cientista inglês no dia 12 de março de 1836.

Prezado Senhor,

A autoestima que sinto por você e a amizade com a qual você tem o prazer de me honrar só poderia me levar e até mesmo fazer meu dever de repelir uma acusação injusta contra mim no *Jornal de Poggendorff*. Aludindo ao meu artigo sobre a força eletroquímica, publicado nos *Annales de Physique et de Chimie* dos senhores Arago e Gay-Lussac, sou acusado de plágio de seus trabalhos mais célebres sobre eletroquímica. Essa imputação é indigna demais para o meu caráter e não há nenhum ato da minha vida que possa

⁴⁴1835

⁴⁵Uma referência direta a uma polêmica sobre os trabalhos de Nobili e Antinori, dois italianos que teorizaram sobre a indução eletromagnética ao mesmo tempo que Faraday. Entretanto, Nobili admite a prioridade da teoria a Faraday.

⁴⁶Nesse trecho, Poggendorff faz referência ao ano em que Matteucci passou estudando em Paris.

justificá-lo. Se a modéstia de meus meios e as adversidades a que são submetidos não deve permitir-me dar a essa memória todas as expansões que o argumento possa requerer, então o esquecimento ao qual seria confinado seria uma penalidade suficiente. No instituto de Paris a primeira notícia sobre o seu admirável trabalho pode ser encontrada em 18 de outubro de 1834, enquanto a memória que enviei para o Sr. Gay-Lussac foi publicada antes dessa data, como a data pode atestar. Não estou ciente de que anteriormente a este aviso do Instituto qualquer outro exemplar tivesse chegado à Itália. Antes dessa época eu havia aprendido com uma carta do Sr. De la Rive, datada de 23 de outubro de 1834, que "Mr Faraday est actuellement tout à fait partisan de la théorie purement chimique de la pile⁴⁷". Este é o estado real das coisas. Eu ficarei lisonjeado caso você tenha a bondade de dar a esta carta a publicidade necessária pela consideração ao meu caráter, e pela autoestima e sincera amizade que nutro em relação a você. Acredite em mim, C.Matteucci.

Michael Faraday respondeu essa carta pouco mais de um mês após a carta de Matteucci ter sido escrita. Em sua resposta podemos ver que Faraday acredita nas afirmações de Matteucci, entretanto, acaba dando uma outra indicação de como agir nessa situação.

Encontrei sua carta ao voltar para a cidade. Me sinto envergonhado quanto ao modo correto de proceder, uma vez que me pede para publicar essa carta. Agora eu não tenho nenhuma dúvida de que você não estava familiarizado com a sétima série de minhas pesquisas quando seu artigo foi escrito e você provavelmente não havia recordado o anúncio da lei na terceira série, datada de 1832 de dezembro, que *o poder químico de uma corrente de eletricidade está em proporção direta à quantidade de eletricidade que passa*. Esta lei foi novamente anunciada na quinta série de minhas pesquisas da data de junho de 1833, ver parágrafo 456,504 e 505. Acho que você tem esses documentos e pode se referir a eles. Minha dificuldade é essa. Eu não havia notado a ocorrência do seu trabalho de uma data muito mais tarde do que a minha, embora muitas pessoas tivessem apontado para mim nos Annales de Chimie e expresso surpresa: certamente, suas mentes causaram uma boa impressão. O editor do Jornal Poggendorff fez isso por vontade e julgamento próprio, e acho que o caminho mais simples é você escrever para ele dizendo que você não estava familiarizado com o meu artigo, mas que agora você conhece os fatos e que reconhecem a ordem das datas como elas realmente estão. Isto é o que eu sempre fiz e você verá um caso em que eu fiz a restituição de um compatriota seu, o Sr. Bellani no Quarterly Journal of Science publicado aqui anteriormente no Volume XXIV, páginas 469 e 470⁴⁸. Se você ainda desejar que eu publique a carta que você me enviou, espero que me escreva imediatamente pelo correio; No entanto, devo insistir em seguir o plano que lhe recomendei.

⁴⁷O Sr. Faraday é atualmente muito a favor da teoria puramente química da bateria.

⁴⁸Bellani publicou observações sobre os fluidos de enxofre e fósforo em 1813, entretanto Faraday desconhecia tal trabalho e o publicou novamente em 1826.

Após a resposta de Faraday, Matteucci escreveu outra carta para o cientista inglês, no dia 30 de maio de 1836.

Meu caro senhor, apresso-me a transmitir-lhe muitos agradecimentos pela gentileza que você teve em responder à minha última carta. Ninguém, senhor, é mais convincente do que eu da data anterior de sua grande descoberta da força de decomposição de uma corrente elétrica, e você pode considerar esta carta como a mais solene declaração disso. O que mais me interessa é que você está convencido de que a primeira informação que tivemos sobre isso na Itália foi de uma edição de outubro de 1834, quando eu já havia escrito meu pequeno artigo para os *Annales* e também relatado ao Sr. De la Rive - Além de que o meu pequeno artigo é sobre algo que não está relacionado a esta lei⁴⁹. Espero, Senhor, persuadi-lo a acreditar que seria o mais estúpido e pérfido dos homens, se publicasse o que não me pertencia. Portanto, só quero expor meus sentimentos e mais do que qualquer outra coisa, desejo que você esteja convencido disso. Não conheço o Sr. Poggendorff e não sei de que maneira oferecer essa declaração para ele. Permita-me, além disso, Senhor, dar-lhe outra demonstração do respeito e confiança que tenho em você. Sérios infortúnios domésticos me obrigam a deixar meu país. A ocasião é propícia e você pode muito bem ser capaz de me ajudar, peço que não demore muito para me ajudar. É uma questão de nomear professores italianos de Ciências Físicas e de Química, etc. para a cadeira em Corfu⁵⁰. Certamente, seja através de relações pessoais ou diretamente, você pode ser influente nessas eleições. Peço-lhe para usar sua influência em meu nome assim que puder. Seja na química ou na física, é tudo a mesma coisa. Uma lição não é uma descoberta. Por favor, Senhor, aceite meus agradecimentos antecipadamente, desculpe-me e acredite em mim. C. Matteucci.

Até aqui podemos entender que, após o debate inicial intermediado por Poggendorff, a relação pessoal de Matteucci e Faraday se estabilizou, sem gerar mais conflitos. O experiente cientista inglês demonstrou acreditar nas afirmações do italiano e, até mesmo, a dar crédito pelas suas hipóteses científicas, visto que Matteucci já era um nome de relevância para a Ciência em meado do século XIX.

Não encontramos evidências de que Matteucci tenha escrito uma carta a Poggendorff, como Faraday havia aconselhado. Porém, é possível entender que quatro anos após o famigerado debate, em um artigo de 1839 intitulado “*De la force chimique du courant*

⁴⁹Carlo mostra que no seu polêmico artigo ele não fala muito sobre a primeira Lei da Eletrólise, pois seus experimentos e resultados são voltados para a Segunda Lei, que não estava presente no artigo de Faraday em 1833.

⁵⁰Nesse momento, a cidade de Corfu, localizada nas ilhas gregas, estava sob domínio dos ingleses, consequentemente, a Universidade de Corfu também era administrada pelo povo inglês.

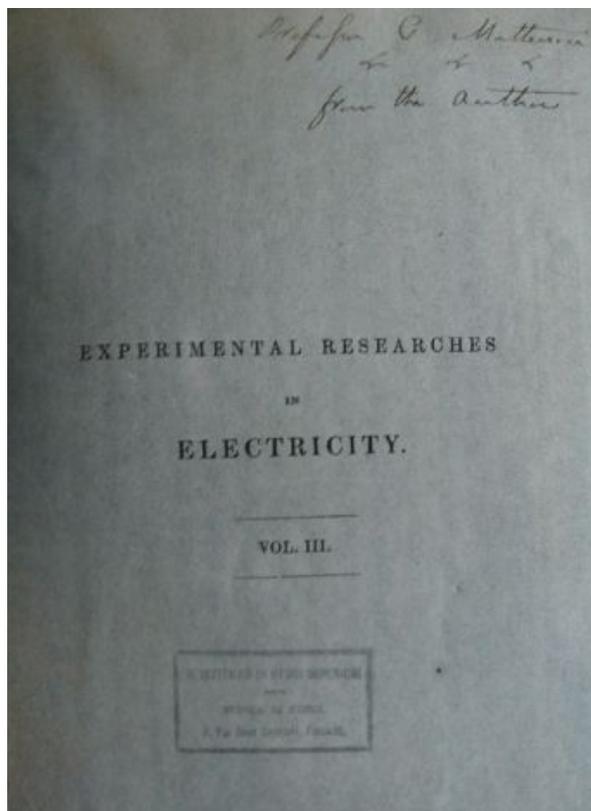
électrique, et de ses rapports avec le mode de combinaison des corps décomposés”⁵¹ publicado na principal revista da época, *Annales de chimie et de physique*, Matteucci faz referência direta à prioridade e ao crédito que Faraday tem pelas hipóteses e teorias das Leis da Eletrólise.

[...] este princípio descoberto e estabelecido pela famosa pesquisa de Faraday, e também anunciado mais ou menos na mesma época em um pequeno artigo que publiquei no nº de janeiro de 1835 dos *Annales de chimie et de physique*, e ao qual eu tinha chegado por experimentos muito diferentes daqueles de Faraday, foi seguido pela descoberta não menos fundamental de equivalentes eletroquímicos; isto é, quantidades quimicamente equivalentes de metais diferentes desenvolvem, quando esses metais são oxidados, uma quantidade de eletricidade constantemente a mesma, é dotada da mesma potência química. (MATTEUCCI, 1839, p. 90-91, tradução nossa)

A partir do debate entre os dois cientistas, a amizade entre eles só cresceu. Toscano (2011) afirma que, após as cartas trocadas com o italiano, Faraday fez questão de aprender a língua italiana para poder se comunicar melhor com o seu colega de profissão. Outra evidência que podemos notar sobre a amizade dos dois cientistas é um exemplar no “*Experimental Researches in Electricity*” que está em posse do Museo Galileo, em que podemos ver uma dedicatória de Faraday para Matteucci datada de 1844 (CIARDI, 2009), ver Figura 18.

⁵¹A força química da corrente elétrica, e sua relação com o modo de combinação de corpos decompostos.

Figura.18- Livro com dedicatória a Matteucci



Fonte: Acervo do Museu Galileo.

No exemplar do livro podemos ver a assinatura com a letra de Michael Faraday e os dizeres, “Prof. C. Matteucci” e “From the Author⁵²” assim, entendemos que essas evidências dão fim ao impasse entre os dois cientistas europeus.

Por fim, no decorrer deste capítulo, pudemos nos aprofundar na vida de Carlo Matteucci até o debate com o famoso cientista inglês Michael Faraday. Desde muito cedo, Matteucci teve contato com a Ciência, através do seu pai que era médico cirurgião. Também foi possível relacionar seus ideais liberais, que afloraram em sua juventude, ao fato da cidade de Forlì ser um ponto de encontro dos ideais liberais que surgiram na época das guerras napoleônicas e permaneceram até o *Risorgimento Italiano*, no final do século XIX.

Voltando ao caráter científico, neste capítulo também destacamos que o seu contato de formação, tanto na Universidade de Bolonha quanto em Paris, na Sorbonne, durante um curto período, foi essencial para que suas ideias e motivações científicas fossem afloradas e até mesmo publicadas nas revistas mais conceituadas cientificamente do continente europeu. Sua

⁵²“Do autor”.

estadia em Paris foi de grande relevância para a integração no mundo científico da Europa e, também, para se atualizar sobre as pesquisas que estavam sendo feitas, com relação à eletricidade e à eletrólise, desde o início do século XIX.

Com o seu artigo intitulado “*Sur La Force électro-chimique de la pile*” foi possível pensar sobre os estudos de Matteucci com maestria, pois suas conclusões, apesar de simplificadas, são profundas. Notadamente, se pensarmos no contexto histórico de uma Itália totalmente dividida territorialmente, mas que, em Florença, onde Matteucci realizou e escreveu seu artigo, os ideais científicos prosperavam, é possível percebermos um notável incentivo à cultura pelo Duque Leopoldo II na cidade. Weiner (2016) discute como cidades que incentivam à Cultura, Ciência, Literatura, Artes e Música são mais propícias a revelarem grandes feitos, em tais quesitos. Portanto, assim como na Florença dos tempos de Leonardo da Vinci, algo ímpar estava acontecendo nessa mesma cidade em meados do século XIX.

Apesar do seu artigo totalmente descritivo, sem cálculos e sem muitas explicações mais aprofundadas sobre os experimentos, pudemos visualizar que Carlo Matteucci seguiu o caminho oposto do proposto por Michael Faraday em seu “*Experimental Researches in Electricity*”. Matteucci partiu de uma quantidade conhecida de metal para, a partir disso, encontrar os valores de eletricidade. Já Faraday partiu de uma quantidade conhecida de eletricidade para achar os valores da quantidade de metal. Portanto, o experimento de Matteucci não é somente original por ter seguido uma linha de raciocínio inversa, mas também por ter utilizado aparatos experimentais diferentes dos que Faraday utilizou. Ihde (1954) afirma que Faraday desconhecia tais aparatos que Matteucci utilizou em seu artigo. Por fim, o trabalho de Carlo Matteucci não é somente original em sua execução, mas também, é uma confirmação (mesmo que acidental) das conclusões obtidas por Faraday em seu livro em 1833, corroborando assim com as afirmações das Leis da Eletrólise.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A presente pesquisa possibilitou apresentar aspectos historiográficos dos temas em História da Eletricidade desde a sua origem na Grécia Antiga até meados do século XIX, bem como parte da trajetória do cientista inglês Michael Faraday e seus estudos que o levaram às conclusões e às elaborações das Leis da Eletrólise. Ainda, foram expostos aspectos sobre a vida do cientista italiano Carlo Matteucci e seus estudos que o direcionaram às mesmas conclusões das Leis que Michael Faraday havia elaborado anos antes. Embora esse tema seja de grande relevância para o ensino de Ciências, ainda são poucos os estudos historiográficos que abordam tais temas para a implementação no ensino. Portanto, buscamos responder algumas questões pertinentes a essa investigação.

Partindo do princípio de que a vida de Michael Faraday já é bastante conhecida por diversos biógrafos e historiadores da ciência, nesse trabalho buscamos focalizar em responder questões pertinentes à trajetória de Carlo Matteucci, por tratar-se de um importante protagonista do debate e também pelo seu total desconhecimento fora da península italiana.

Assim, a primeira pergunta levantada foi referente a como Matteucci se interessou pelo conteúdos de eletrólise e eletricidade. Com base nessa investigação, foi possível explorar parte significativa do contexto da vida e obra de Carlo Matteucci. Logo, é plausível relacionar seu interesse por tais assuntos, desde a infância, onde teve seu primeiro contato com ciência por estímulo de seu pai, médico cirurgião, que o levava para acompanhar cirurgias no hospital da cidade.

O segundo momento histórico, que levou Matteucci a se interessar pelos temas de eletricidade, foi o tempo que passou em Paris, considerada como um dos centros científicos da época. Os estudos de eletricidade estavam em evidência no período, por conta das teorias de Alessandro Volta e sua pilha e, também, dos feitos de Nicholson ao realizar a primeira eletrólise da água por uma pilha voltaica. Matteucci voltou seus estudos para os conteúdos de eletricidade e eletrólise, provavelmente, influenciado pelo contexto histórico daquele momento.

A segunda pergunta, que foi levantada e respondida, refere-se ao questionamento de como Matteucci elaborou suas hipóteses referente às Leis da Eletrólise. Os estudos realizados

com base nos textos originais, permitiram inferir que Matteucci realizou experimentos e seguiu uma linha metodológica própria. Conforme destacado na última seção desta dissertação, Matteucci partiu de uma certa quantidade de metal conhecida e, após os experimentos, calculou a quantidade de eletricidade que estava envolvida no ensaio, sendo esse, exatamente, o caminho inverso ao qual Faraday realizou, uma vez que partiu de uma certa quantidade de eletricidade conhecida, através do seu volta-eletrômetro, encontrando, assim, as quantidades de metais compreendidos no sistema eletrolítico.

Juntamente com a resposta a essa questão, podemos responder concomitantemente outras duas que motivaram e instigaram a pensar e desenvolver o presente trabalho, sendo elas: se Matteucci sofreu influência dos trabalhos de Faraday e se o mesmo teria plagiado o cientista inglês. As evidências mostram que, apesar do debate entre os dois cientistas europeus, não houve indício de plágio, pois Matteucci utilizou experimentos diferentes e, também, de uma linha de raciocínio diversa daquela em que Faraday relatou suas hipóteses sobre a eletrólise. Também, não foram encontrados indícios de influência direta dos estudos de Faraday sobre as propostas de Matteucci, portanto, a crítica vinda do físico alemão Johann Christian Poggendorff, não encontrou respaldo da comunidade científica, tampouco há registros disponíveis sobre esse impasse. Além disso, as correspondências entre Faraday e Matteucci revelam diferentes olhares sobre o mesmo produto do conhecimento, a eletrólise, portanto, um consenso e reconhecimento por parte de Faraday.

A partir desse fato, junto com as conclusões desta dissertação, uma última pergunta pode ser respondida em relação ao relacionamento entre Faraday e Matteucci. Os cientistas mantiveram uma amizade, tanto acadêmica quanto pessoal, após o debate gerado e a troca de cartas. Relatos afirmam que Faraday buscou aprender a língua italiana para se comunicar melhor com o seu colega de profissão (TOSCANO,2011).

Concluimos assim, a análise historiográfica do debate entre Faraday e Matteucci, a partir da qual pudemos responder às questões propostas. Por fim, entendemos que os estudos historiográficos dessa dissertação podem servir de subsídio para futuras aplicações do tema das Leis da Eletrólise, utilizando o que Matthews (p.166) chama de Abordagem Contextual.

Os que defendem HFS tanto no ensino de ciências como no treinamento de professores, de uma certa forma, advogam em favor de uma abordagem contextualista, isto é, uma educação em ciências, onde estas sejam ensinadas em seus diversos contextos: ético, social, histórico, filosófico e tecnológico;

o que não deixa de ser um redimensionamento do velho argumento de que o ensino de ciências deveria ser, simultaneamente, em e sobre ciências.(Matthews, 1995 ,p.166)

Essa abordagem reflete não só a questão histórico-experimental do tema tratado, mas sim, todo o contexto daquele momento na vida do cientista, tratando então de humanizar a ciência e, também, proporcionar ao aluno a reflexão sobre a Natureza da Ciência, muitas vezes distorcida nos pequenos recortes históricos que são apresentados nos livros didáticos.

Portanto, o percurso realizado para esse estudo pode se constituir uma fonte de informações relevante para o ensino da Eletroquímica e Eletrólise no Ensino de Química. Nesse sentido, permite que, no contexto de ensino e aprendizagem, além dos conteúdos específicos das Leis da Eletrólise, possam ser explorados, também, seu contexto histórico que está por trás das hipóteses e conclusões dos dois cientistas envolvidos no debate.

O segundo aspecto que pode ser utilizado pelo professor, diz respeito ao contexto de produção de leitura e escrita sobre ciências, no sentido defendido por Freire (2006), a leitura deve promover nos sujeitos, capacidades de ir além dos sentidos da palavra, a compreensão de mundo. De outro modo, pode-se explorar, com base nos resultados desse trabalho, o debate sobre ética e plágio no meio acadêmico. Concluímos que não houve indícios de plágio, portanto, para um instrumento educacional como avaliação de ideias referentes à ética e ao plágio nos trabalhos científicos, pode-se aprofundar as discussões em sala de aula como inferências a serem tratadas e discutidas pelos alunos.

O último ponto que entendemos ser relevante nesse estudo, para o Ensino de Ciências, é a discussão referente à Natureza da Ciência. Utilizando tais discussões, o professor pode contribuir para promover o desenvolvimento de capacidades de pensamento, no aluno, sobre como a ciência funciona no âmbito profissional e social. Podendo assim, criar um senso crítico para o aluno ter a capacidade de identificar o que é ciência e o que não é ciência, através de bases epistemológicas, filosóficas, históricas e culturais (MOURA, 2014).

Por fim, é evidente que o professor pode utilizar da nossa pesquisa para além das três sugestões citadas. Evidentemente, destacamos esses aspectos com base no olhar direcionado para as fontes primárias e secundárias selecionadas para este estudo. Contudo, seu uso para o ensino pode ter amplos significados e interesses.

REFERÊNCIAS

- BALDINATO, J. O. **A química segundo Michael Faraday: um caso de divulgação científica no século XIX.** 2009.139f Dissertação (Mestrado em Ensino de Química)- Instituto de Física.Universidade de São Paulo,São Paulo.
- BALZANI, R. Carlo Matteucci nel Risorgimento. **Nuova Civiltà della macchine**, v. 17, n. 1, p. 7–11, 1999.
- BARDIN, L. **Análise de conteúdo.** Lisboa: Edições 70, 2014.
- BELTRAN, M. H. R.; SAITO, F.; TRINDADE, L. DOS S. P. **História da Ciência para formação de professores.** São Paulo: Livraria da Física, 2012.
- BRANDFORD, A. **What is a Law in Science?** Disponível em <https://www.livescience.com/21457-what-is-a-law-in-science-definition-of-scientific-law.htm> l > Acesso em: 31 de janeiro de 2019.
- BIANCHI, N. **Carlo Matteucci e l'italia del suo tempo.** Roma: Fratelli Bocca, 1874.
- BONI, R. S. **A pilha de Alessandro Volta (1745-1827): diálogos e conflitos no final do século xviii e início do século xix.** 2007. 112f. Dissertação (Mestrado em História da Ciência). Pontifícia Universidade Católica, São Paulo.
- CELLARD, A. A análise documental. In: POUPART, J. et al. **A pesquisa qualitativa: enfoques epistemológicos e metodológicos.** Petrópolis: Vozes, 2008.
- C. J. BROCKMAN. The history of electricity before the discovery of the voltaic pile. **Journal of Chemical Education**, v. 6, n. 10, p. 1726–1732, 1929.
- CONDÉ, M. L. L. **Um Papel para a História, o problema da historicidade da ciência.** Curitiba: Editora UFPR, 2017.
- DAMPIER, W. C. **História da Ciência.** 2 ed. São Paulo: IBRASA, 1986.
- FARADAY, M. **Experimental Researches in Electricity.** 7 edition ed. London: William Benton, 1952.
- FREIRE, P. **A importância do ato de ler: em três artigos que se completam.** 48ª ed. São Paulo: Cortez, 2006.
- GARNETT, P. J.; TREAGUST, D. F. Conceptual difficulties experienced by senior high school students of electrochemistry: Electric circuits and oxidation-reduction equations. **Journal of Research in Science Teaching**, v. 29, n. 2, p. 121–142, 1992.
- GAROZZO, F. **Michael Faraday.** 1 ed. Rio de Janeiro: Editora Três, 1975.
- GOLDENBERG, M. **A arte de pesquisar: como fazer pesquisa em Ciências Sociais.** Rio de Janeiro: Record, 2004.
- Helmenstine, A. M. **"What Is a Scientific or Natural Law?"** Disponível em <<https://www.thoughtco.com/definition-of-scientific-law-605643>> Acesso em: 31 de janeiro de 2019.

- IHDE, A. J. **The Development of Modern Chemistry**. New York: Dover Publications INC, 1984.
- J.DRENNAN, O. Faraday Contribution to Electrolysis Law. **Journal of Chemical Education**, v. 42, n. 12, p. 679–681, 1965.
- JAMES, F. A. J. L. **The Correspondence of Michael Faraday: 1832-1840**. London: The Institution of Engineering and Technology, 1993.
- JÚNIOR, M, C. BOSCHI, M. L . Por que estudar História? **Caderno de História**, v. 11, p. 199–202, 2010.
- KARAMUSTAFAOĞLU, S.; MAMLOK-NAAMAN, R. Understanding electrochemistry concepts using the predict-observe-explain strategy. **Eurasia Journal of Mathematics, Science and Technology Education**, v. 11, n. 5, p. 923–936, 2015.
- MAAR, J. H. **História da Química- de Lavoisier ao Sistema Periódico**. Florianópolis: Papa-Livro, v. 1, 2011.
- MARTINS, L. A.-C. P. História da Ciência: Objetos, Métodos e Problemas. **Ciência & Educação**, v. 11, n. ???, p. 305–317, 2005.
- MARTINS, R. A. Ciência versus historiografia: os diferentes níveis discursivos nas obras sobre história da ciência. **Escrevendo a História da Ciência: tendências, propostas e discussões historiográficas**, p. 115–145, 2005.
- MATTEUCCI, C. Cenni Sull'influenza della elettricità nella formazione delle principale meteore acquee. **Nobili**, p. 1–4, 1827.
- _____. Influenza dell'elettricità terrestre sui temporali. **Nobili**, p. 1–5, 1829a.
- _____. Sur la putréfaction animale. **Annales de Chimie et de Physique**, v. XLII, p. 310–313, 1829b.
- _____. Examen chimique d'un cerveau ossifié. **Annales de Chimie et de Physique**, v. XLIII, p. 256–58, 1830.
- _____. Azione del cloro sulla bile. **Antologia**, p. 156–59, 1831a.
- _____. Esame dei fenomeni presentati dall'azione del calore sull'acetato neutro di piombo, e dei prodotti che si svolgono. **Antologia**, v. 127, p. 128–33, 1831b.
- _____. Discorso sull'influenza del calore sul magnetismo. **Antologia**, v. 127, p. 128–33, 1831c.
- _____. Sulle correnti elettro-magnetiche di Faraday. **Annali delle scienze del Regno Lombardo-Veneteo**, v. III, p. 185–87, 1833.
- _____. Mémoire sur l'électricité animale. **Annales de Chimie et de Physique**, v. LVI, p. 439–43, 1834.
- _____. Sur La Force électro-chimique de la pile. **Annales de Chimie et de Physique**, v. 13, p. 75–80, 1835.
- _____. De la Force chimique du courant électrique, et de ses rapports avec le mode de combinaison des corps décomposés. **Annales de Chimie et de Physique**, v. LXXI, p. 90–111, 1839.
- MATTHEWS, M. R. História, Filosofia e Ensino de Ciências: A Tendência Atual de Reaproximação. **Caderno Catarinense de Ensino de Física**, v. 12, n. 3, p. 164–214, 1995.

- MINAYO, M.C.S. **O desafio do conhecimento: pesquisa qualitativa em saúde**. 11ed. São Paulo: HUCITEC, 2008.
- MOURA, B. A. O que é Natureza da Ciência e qual sua relação com a História e Filosofia da Ciência? **Revista Brasileira de História da Ciência**, v. 7, n. 1, p. 32–46, 2014.
- NEVES, M. C. D. Volta 100 years later or the state of art of Volta's battery in physics textbooks at the end of the 19 th century. **Acta Scientiarum**, v. 21, n. 4, p. 805–808, 1999.
- _____. **Lições da Escuridão ou Revisitando Velhos Fantasmas do Fazer e do Ensinar Ciência**. 1. ed. Campinas: Mercado de Letras, 2002.
- NICHOLSON, W. Account of the new Electrical or Galvanic Apparatus of Sig.Alex.Volta, and Experiments performed with the fame. **A Journal of Natural Philosophy, Chemistry, and the Arts**, v. IV, p. 179–187, 1800.
- OGUDE, A. N.; BRADLEY, J. D. Ionic Conduction and Electrical Neutrality in Operating Electrochemical Cells: Pre-College and College Student Interpretations. **Journal of Chemical Education**, v. 71, n. 1, p. 29, 1994.
- OKI, M. DA C. M. A eletricidade e a química. **Química Nova na Escola**, v. 12, p.34-37, 2000.
- PEREIRA, R.; CARVALHO, I. S.; FERNANDES, A. C. S.; AZEVEDO, D. A. Molecular composition, chemotaxonomical aspects and botanical origin of Brazilian amber. **Revista Virtual de Química**, v. 3, n. 3, p. 145–158, 2011.
- PIZZI, R. A. Today's Chemist at Work. **Chemistry Chronicles**, p. 49–51, 2004.
- POGGENDORFF, J. C. Zusatz vom herausgeber. **Annales der physik und chemie**, v. XXXV, p. 260, 1835.
- PULLMAN, B. **The Atom in the History of Human Thought**. Oxford: Oxford University Press, 1998.
- RAO, R. L. Scientific “Laws”, “Hypotheses” and “Theories” Meanings and Distinctions. *Resonance*, p. 69–74, 1998.
- ROSSI, P. **A Ciência e a Filosofia dos Modernos**. 1 ed. São Paulo: Editora UNESP, 1992.
- ROZENTALSKI, E. F. **Indo além da Natureza da Ciência : o filosofar sobre a Química por meio da ética química**. 2018.378.f.Tese (Doutorado em Ensino de Química)- Instituto de Física da USP. Universidade de São Paulo, São Paulo.
- RUSSEL, B. **História do Pensamento Ocidental**. Rio de Janeiro: Editora Nova Fronteira Participações, 2017.
- SANTOS, M. C. .; SANTOS, M. M. H.; SANTOS, M. D. L. **História da Ciência para ensinar Ciência: possíveis contribuições dos estudos de Michael Faraday**. Maceió: 2017
- SANTOS, M. C. G. DOS; BALDAQUIM, M. J.; FANTINELLI, M.; FRANCO, P.; BEDIN, F. C.; KIOURANIS, N. M. M. Estudos de Eletroquímica e as Aproximações com a Estrutura da Matéria no Século XIX. 2018.
- Davy, H. **Journal of Chemical Education**, v. 05, n. 20, p. 1664–1667, 1928.
- STOCK, J. T. The pathway to the laws of electrolysis. **Bulletin History of Chemistry**, v. 11, p. 86–92, 1991.

- SILVERSTEIN, T. P. Letters. **Science**, v. 274, n. 8, p. 904–905, 1996.
- THOMPSON, S. P. **Michael Faraday: his life and work**. New York: Forgottenbooks, 1898.
- TOLENTINO, M.; ROCHA-FILHO, R. C. O bicentenário da invenção da pilha elétrica. **Química Nova na Escola**, v. 11, p. 35–39, 2000.
- TOSCANO, F. **Per la Scienza, Per la patria Carlo Matteucci, fisico e politico nel Risorgimento italiano**. Milano: Sironi, 2011.
- TOZONI-REIS, M. F. C. **A Pesquisa e a produção de conhecimentos**. (Texto impresso) Introdução à Pesquisa Qualitativa. Universidade Estadual Paulista. (s.d.).
- VOLTA, A. On the electricity excited by the mere contact of conducting substances of different kinds. **Philosophical Transactions of the Royal Society of London**, v. 90, n. January, p. 403–431, 1800.
- WEINER, E. **Onde nascem os Gênios**. Rio de Janeiro: Darkside, 2016.
- ZILSEL, E. The Sociological Roots of Science. **Social Studies of Science**, v. 30, n. 6, p. 935–949, 2000.

ANEXO 01 - Tradução do artigo de Carlo Matteucci referente à Eletrólise

Sobre a força eletroquímica da Pilha

Carlo Matteucci - Outubro de 1834

O teorema da força eletromotriz de Volta, questionado desde que se originou, por Fabroni, Wollaston, Michelotti e Avogadro, não resistiu às notáveis descobertas de MM Becquerel e Rive. No entanto, foi interessante submeter a nova doutrina química ao exame de certas consequências, às quais é impossível ignorar, e cujo resultado teria resultado em uma convicção geral. Assim, depois que alguns experimentos sempre tentados com significados muito pequenos à minha disposição, que achei oportuno publicar este memorial.

A medição da força eletroquímica foi descoberta por mim, passando a corrente elétrica através de uma solução de nitrato de prata. Duas placas de platina, sempre imersas na mesma quantidade de superfície na solução metálica, destinavam-se a recolher o metal reduzido a serem separadas pela força eletroquímica.

A solução era constantemente a mesma; devemos ver, no entanto, que esta condição não me pareceu necessária para obter resultados constantes. A placa-mãe de platina, aquecida de antemão, foi pesada, e foi dissolvendo a prata com ácido nítrico muito puro, e ao pesar novamente depois, que eu tinha certeza da quantidade de metal que foi separado. Em muitos casos, verifiquei isso analisando o nitrato de prata obtido, e isso pelo meio comum. Finalmente, é para o método bem conhecido pelas celebradas obras de MM. Gay-Loussac e Thenard, a quem eu tentei, em tais casos, determinar a ação eletroquímica, coletando hidrogênio e oxigênio.

O primeiro resultado que consegui pode ser expresso da seguinte maneira: Uma quantidade dada de qualquer metal, dissolvido por qualquer ácido mais ou menos rapidamente, de acordo com o grau de concentração do ácido, a temperatura do solvente, etc., desenvolve sempre uma quantidade igual de força eletroquímica, enquanto a ação galvanométrica é variável.

Certamente, a experiência que tentei estabelecer este princípio não é suficientemente variada, nem suficientemente numerosa, para que tivesse o direito de reivindicar; teria sido

necessário recorrer à medida da eletricidade de tensão devolvida: eles são, no entanto, espero, claros o suficiente e precisos para tirar essa conclusão geral. Comecei construindo pequenas pilhas com lâminas de cobre ou platina e lâmina de zinco soldadas ou unidas; é, em geral, de quatro dessas amostras que eu estou compondo.

Em todos os casos, a quantidade de zinco era igual, comutada como a da capa ou da platina. As duas últimas lâminas estavam em comunicação com as placas de platina imersas no nitrato de prata de que falei. Em outros casos, foi utilizado fios de ouro para medir volumes de gases desenvolvidos. Por conseguinte, é necessário apenas operar pequenas baterias de igual tamanho com soluções de ácido sulfúrico de densidade variável, até que as placas de zinco sejam completamente destruídas.

A ação do ácido se estende mais ou menos de acordo com seu grau de concentração: Também pode ser acelerado ou retardado por aquecimento da mistura líquida com antecedência, ou por resfriamento; nós cessamos, em todas essas diferentes ações químicas, que dão à agulha do galvanômetro uma direção muito válida, duplo triplo, etc., para obter na lâmina da platina e separar. Uma pilha igual também foi composta do mesmo peso, a de zinco, mas neste caso retirado de uma lâmina mais fina; a superfície era pelo menos mais do que um terço mais ampla, e a ação eletromecânica não era, portanto, menos igual do que as demais. Certamente, ao mesmo tempo, a superfície maior desenvolve uma ação eletroquímica mais forte pelo fato de uma maior quantidade de metal se dissolver mais cedo.

É, em alguns casos, muito adequado convencer-se desta verdade, recorrer à análise da solução ácida que é feita para atuar sobre o zinco.

É mesmo possível empregar uma bateria comum, e só é necessário despejar a mesma quantidade de ácido sulfúrico em diferentes momentos, e esperar a cada momento antes de pesar a prata, que a ação do ácido seja esgotada no zinco. No entanto, não é com este método que podemos esperar resultados constantes e a oxidação variável da superfície, a pequena homogeneidade das lâminas grandes está correta. Pilhas de platina e cobre, tão pequenas quanto as de zinco, imersas em ácido nítrico, mais ou menos diluídas, deram-me resultados semelhantes.

Ao variar também a quantidade de zinco dissolvido nas primeiras pilhas, ou variando a quantidade de ácido no comum, obtive forças eletroquímicas medidas pelo metal separado, quase sempre proporcional à quantidade de zinco destruída. Que a densidade do soluto metálico em decomposição não é uma eletividade para a constância dos resultados, tive

ocasião de vê-lo às vezes, de modo que, após uma primeira decomposição, procurei um segundo sem renovar a solução, tendo sempre o mesmo quantidade de metal separada do resto, tal fato merece uma consideração especial.

É fácil ver que, embora de acordo com este princípio, a quantidade de eletricidade desenvolvida pela mesma quantidade de metal dissolvido (positivo) é a mesma, a velocidade da corrente não é menos variável devido à superfície do metal, a força do ácido, etc., e uma vez que a ação eletroquímica é constante, enquanto, pelo contrário, o efeito galvanométrico varia, deve-se concluir que o primeiro depende da quantidade da ação química e o segundo sobre a intensidade desta ação. Há, no entanto, muitos casos em que essas duas forças se tornam sensatas; da mesma forma que uma determinada quantidade de ácido, embora sempre possa se combinar e neutralizar-se por outra quantidade constante de base, ocupa apenas uma parte dela se for dissolvida em grande quantidade de “água”. Continua a ser uma incógnita de que maneira esses dois elementos são compostos e agem juntos.

O segundo resultado é que ao passar a corrente elétrica desenvolvida por alguma ação química através de várias soluções metálicas, as quantidades de metais reduzidas e separadas nessas diferentes soluções são variáveis e, independentemente de suas densidades relativas, elas estão sempre na mesma proporção que os equivalentes químicos desses mesmos metais. A experiência é muito simples neste caso: consiste apenas em passar a corrente de qualquer uma das baterias em diferentes soluções metálicas que são comunicadas entre si por placas de platina imersas em uma quantidade igual de superfície.

Assim, usando, por exemplo, soluções de cobre e de prata, duas quantidades desses metais, das quais uma, a prata, é quase quatro vezes mais forte do que a do cobre. Este resultado é mantido, embora a densidade da solução de cobre seja variada; o que também é outro motivo para não admitir a densidade das soluções decompostas como um elemento sobre o qual depende a quantidade de suas decomposições.

Este, finalmente, é o terceiro e último resultado que eu alcancei, e que pode ser considerado como a consequência necessária dos dois invólucros.

Ao descartar uma pilha de metais diferentes, de modo que suas quantidades decompostas estejam na mesma proporção que seus equivalentes químicos, obtém uma ação eletromecânica igual.

Para este fim, juntei placas muito pequenas de chumbo e cobre com lâminas de platina; sendo estes últimos iguais, os demais estavam na proporção de equivalentes dos dois

metais. Pequenas pilhas sendo assim dispostas, foi com a ajuda de ácido nítrico que consegue dissolver essas placas de cobre e chumbo.

A quantidade de prata separada, ou seja, a força eletroquímica, foi igual nesses dois casos. Eu certamente deveria acrescentar que teria sido necessário dar a esses experimentos uma maior extensão/atenção; Mas, como era impossível para eu fazer, eu só tenho meios de persuadir os aprendizes a persegui-los e verificar em um número maior de casos. No entanto, é impossível não tirar conclusões notáveis disso.

O primeiro é que, quando tivermos a capacidade de coletar toda a eletricidade produzida por uma determinada ação química, veremos que esta eletricidade tem como medida de sua força eletroquímica uma quantidade de metal, ou de hidrogênio, etc., equivalente para o metal em decomposição. Será então que teremos apenas ação química e eletricidade voltaica.

Esta decomposição total é aquilo que M. Gay-Lussac nos mostrou há muito tempo na ação dos metais na natureza sobre outras soluções metálicas. Deixe-nos, portanto, deixar de falar de uma força eletro-motriz: O metal atacado derrama no líquido a eletricidade desenvolvida, que, coletada pelo outro, retorna a ele, e assim por diante.

