



UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARÁ  
INSTITUTO DE CIÊNCIAS EXATAS E NATURAIS  
FACULDADE DE FÍSICA

## **O Contexto Histórico das Ondas Eletromagnéticas**

Belém-Pará

2019



UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARÁ  
INSTITUTO DE CIÊNCIAS EXATAS E NATURAIS  
FACULDADE DE FÍSICA

## **O Contexto Histórico das Ondas Eletromagnéticas**

Aguinaldo Pantoja de Almeida

Orientador: Prof. Manoel Januário da Silva Neto

Belém-Pará

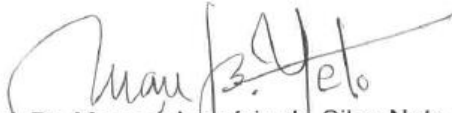
2019

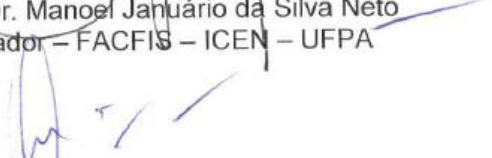


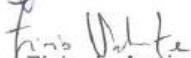
UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARÁ  
INSTITUTO DE CIÊNCIAS EXATAS E NATURAIS  
FACULDADE DE FÍSICA

**ATA DA APRESENTAÇÃO E DEFESA DE  
TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO TCC**

Ata da sessão de apresentação e defesa de Trabalho de Conclusão de Curso para concessão de grau de Licenciado Pleno em Física, realizado às 09h do dia 11 de julho de 2019, no Laboratório de Física Ensino, intitulada: " **O Contexto Histórico das Ondas Eletromagnéticas**", contendo 40 páginas, que foi apresentada durante vinte minutos pelo discente **Aguinaldo Pantoja de Almeida** matricula Nº 201308140070 diante da banca examinadora aprovada pela Faculdade de Física do Instituto de Ciências Exatas e Naturais da Universidade Federal do Pará, assim constituída: Prof. Dr. Manoel Januário da Silva Neto (presidente), Prof. MSc. Victor Façanha Serra e Prof(a). MSc. Zinia de Aquino Valente . Em seguida o mesmo foi submetido à arguição, tendo demonstrado conhecimentos no tema objeto da proposta de TCC, favorecendo à banca examinadora apresentar contribuições para o desenvolvimento do TCC e decidir pelo conceito **BOM** para o mesmo, e conceder o prazo máximo de 15 dias para serem efetuadas as modificações sugeridas pela banca, se for o caso, e em seguida a mesma será assinada por todos os membros. Para constar foram lavrados os termos da presente ata, que lida e aprovada recebe a assinatura dos integrantes da banca examinadora e do DISCENTE.

  
Prof. Dr. Manoel Januário da Silva Neto  
Orientador – FACFIS – ICEN – UFPA

  
Prof. MSc. Victor Façanha Serra  
Examinador - FACFIS

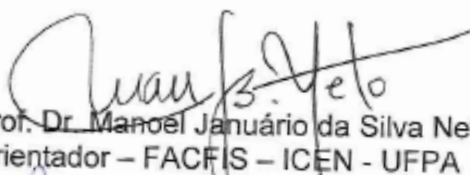
  
Prof. MSc. Zinia de Aquino Valente  
Examinadora - FACFIS

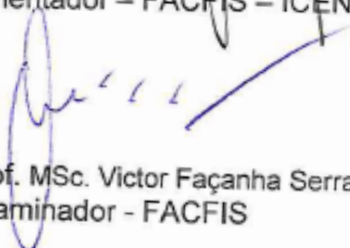
  
Aguinaldo Pantoja de Almeida  
Discente – FACFIS – ICEN - UFPA

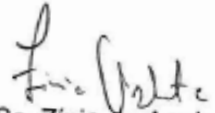
AGUINALDO PANTOJA DE ALMEIDA

**" O CONTEXTO HISTÓRICO DAS ONDAS ELETROMAGNÉTICAS"**

Monografia apresentada como pré-requisito para obtenção do título de Licenciado Pleno em Física pela Faculdade de Física do Instituto de Ciências Exatas e Naturais da Universidade Federal Pará, submetida à apreciação da banca examinadora composta pelos seguintes membros:

  
Prof. Dr. Manoel Januário da Silva Neto  
Orientador - FACFIS - ICEN - UFPA

  
Prof. MSc. Victor Façanha Serra  
Examinador - FACFIS

  
Prof. MSc. Zínia de Aquino Valente  
Examinadora - FACFIS

Belém, 11 de julho de 2019

## **Resumo**

Neste trabalho será abordado as principais experiências, métodos e cientistas que foram responsáveis pelo desenvolvimento da eletricidade e magnetismo seguindo uma linha cronológica no tempo de 650 a.c até 1911. Sendo a metodologia que se utilizou bibliográfica, analisando principalmente artigos e livros referentes ao assunto em questão, tentando mostrar principalmente as suas experiências que levaram ao desenvolvimento do eletromagnetismo atual e os pensamentos dos gênios na elaboração de suas experiências e na forma de tratar o problema em questão, a curiosidade que tiveram, e suas rivalidades no meio acadêmico e na sociedade científica.

Palavras chaves: Historia, Eletromagnetismo, Eletricidade

*Podemos percorrer grandes caminhos mais  
facilmente com a ajuda de grandes pessoas.*

*“O que é escrito sem esforço em geral é lido  
sem prazer.”*

Samuel Johnson

## **Agradecimentos**

Agradeço a todas as pessoas que me ajudaram na graduação de diversas maneiras.

Primeiramente com o auxílio de Deus que me deu apoio espiritual e emocional para continuar com a graduação nos tempos difíceis, e aos meus amigos da universidade com ajuda em projetos.

Ao meu pai, Adinaldo que me ensinou matemática básica quando era criança, e me motivou nessa “empreitada” que dura até hoje com auxílio, não só com financeiro, mas me encorajou, mostrou um exemplo de ser humano que nunca desiste.

A minha mãe, Maria que é batalhadora e todos os dias acorda cedo para trabalhar e me ensinou a escrever, embora meus pais não concluíssem o ensino fundamental me ensinaram a importância da educação e dos valores morais e éticos.

Aos meus professores de física do ensino médio que proporcionaram de forma excelente um aprendizado significativo em minha carreira acadêmica e profissional, me mostrando esse mundo mágico da sala de aula e a forma didática de ensino.

Ao meu orientador Manoel Neto pela incrível paciência na produção desse Trabalho de Conclusão de Curso, pois estava com dificuldade em como deveria abordar o tema e ele me indicou o caminho que se encaixava melhor com minha situação acadêmica.

## LISTA DE FIGURAS

<b>Figura 1.1:</b> Inseto fossilizado em Âmbar .....	13
<b>Figura 1.2:</b> Ilustração do experimento feito por Joseph Gray com um menino suspenso em fios isolantes e utilizando a máquina de Hausksbee.....	14
<b>Figura 1.3:</b> Cronologia dos acontecimentos em relação a eletricidade.....	16
<b>Figura 3.1:</b> Aparelho de Telegrafo – 1837.....	25
<b>Figura 3.2:</b> Ilustração de Tesla gerando raios em seu laboratório.....	28
<b>Figura 3.3:</b> Experimento produzido por Hertz.....	29
<b>Figura 3.4:</b> Cronologia dos acontecimentos em relação a eletricidade.....	30

# Sumário

<b>Introdução</b> .....	11
<b>1 Conceito de Eletricidade</b> . . . . .	12
1.1 O nascimento da Eletricidade . . . . .	12
1.2 As experiências do século XVII . . . . .	13
<b>2 Magnetismo</b> .....	19
2.1 O nascimento do Magnetismo .....	19
<b>3 Conceito de Ondas Eletromagnéticas</b> . . . . .	21
3.1 Eletricidade + Magnetismo .....	21
3.2 A Guerra das Correntes .....	25
<b>Conclusão</b> .....	31
<b>Referências</b> .....	32

# Introdução

Desde os primórdios fenômenos físicos intrigaram a humanidade, a ocorrência de raios, trovões, pedras que atraíam outras pedras como uma agulha apontavam sempre para uma mesma direção. Para explicar esses e outros fenômenos foram necessários anos de desenvolvimento de pensamento científico, filosóficos e experimentais que proporcionaram o aprimoramento da tecnologia como é hoje no século XXI.

Este trabalho é um levantamento bibliográfico e relata cronologicamente os cientistas e suas contribuições para a eletricidade e magnetismo, o desenvolvimento de suas principais experiências que auxiliaram outros cientistas ao longo dos séculos.

No capítulo 1 relata as principais experiências até o século XVII em relação a eletricidade e como ela era tratada até então mais como uma curiosidade por parte dos cientistas em seus laboratórios.

No capítulo 2 um breve resumo em relação ao magnetismo e seus pensadores, do surgimento da bússola e os chineses em seu desenvolvimento.

E o capítulo 3, a união de magnetismo e eletricidade que antes era tratada como duas ciências distintas, agora surgindo a ideia de uma só ciência, o eletromagnetismo. A rivalidade entre dois gênios e seus egos mudou o mundo na época e alavancou o surgimento de novas tecnologias.

# Capítulo 1

## Conceito de Eletricidade

Eletricidade é a ciência que procura estudar os fenômenos que ocorrem com a presença de cargas elétricas. A corrente elétrica é a capacidade das cargas percorrerem um espaço de maneira relativamente ordenada em uma direção e sentido, de forma mais visível um exemplo disso, os relâmpagos, os elétrons viajam de um local para o outro na nuvem com uma corrente muito intensa liberando uma luz, se a concentração de carga é intensa demais num determinado local para descarregar, surge o raio que é a liberação dessa carga na nuvem ou em direção ao solo, outro exemplo é quando ligamos uma lâmpada em uma bateria que através de reações químicas dos elementos presentes na bateria libera eletros que por sua vez percorre um fio (geralmente feito de cobre) até a lâmpada acendendo-a.

### 1.1 O nascimento da Eletricidade

Os gregos antigos já sabiam que *Elektro* (que mais tarde ficou conhecido como âmbar) Ao atritar com peles de animais e depois aproximar de pequenos objetos eles seriam atraídos entre si, um dos gregos que pesquisava esse efeito ficou conhecido como “Pai da Ciência”, o filósofo Tales de Mileto (625 a.c-547 a.c). (OSADA,2010, p. 26).

Definição de Âmbar:

É uma resina fóssil, proveniente de uma espécie extinta de pinheiro do período terciário, sólida, amarelo-pálida ou acastanhada, transparente ou opaca, utilizada na fabricação de vários objetos; âmbar amarelo, alambre, sucino: um colar de âmbar; uma piteira de âmbar. [Plural: ambares.] (FERREIRA, 1975, p. 82).

Figura 1.1: Inseto fossilizado em Âmbar



Fonte: Brasil Escola (2019)

## 1.2 As experiências do século XVII

Otto Von Guericke (1602-1686) em 1663 inventou o primeiro gerador de eletricidade, utilizava a eletricidade estática que era produzida por atrito de um pedaço de tecido feito de lã que ficava em contato a uma esfera de enxofre giratória em seu próprio eixo, em 1672 afirmou que corpos atritados além de sofrerem atração liberavam uma centelha ao qual não se sabia a relação dela com a eletricidade. (ROSA, 2012, p 130).

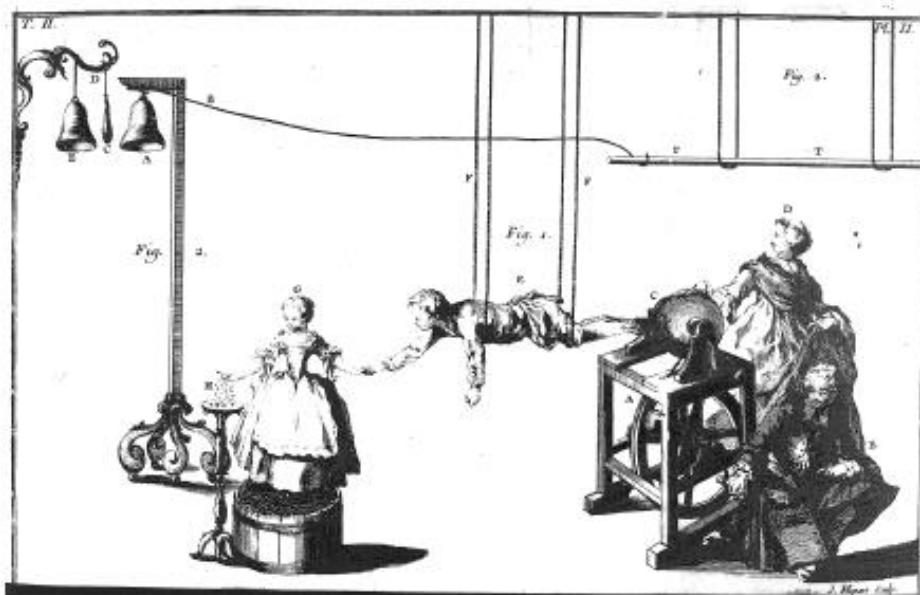
Mas não se conseguia explicar como funciona realmente a produção de eletricidade ou a relação dela com os relâmpagos pois para eles era somente uma curiosidade. No século XIX com o surgimento do Iluminismo que usava a razão para questionar as coisas de forma logica, voltou a estudar a eletricidade, os estudiosos interessados na eletricidade denominaram “eletricistas”. Surgindo com uma esfera giratória de vidro Francis Hausksbee (1666-1713) usou em de 1705 uma bomba de ar para retirar os gases de dentro da esfera e colocou uma pequena quantidade de mercúrio nela, ao gira-la e aproximar a sua mão, começou a se formar uma luz azul em volta de sua mão, esse fenômeno ainda não se conseguia explicar. (ASSIS, 2010, pag. 240).

Outro cientista importante no entendimento sobre a eletricidade foi Stephen Gray (1666-1736) que através do experimento que consistia de uma estrutura de madeira cuja a haste superior teria dois balanços de madeira sustentados por fios de seda, colocava uma pessoa entre

esses balanços e usava uma máquina de Hausksbee que gerava eletricidade estática e conduzia a eletricidade na pessoa através de uma biela em frente a pessoa colocava pequenas folhas de ouro que era atraída para as mãos da pessoa dizia Gray: (BOSS, 2012, pág. 29)

Água e ar podem ser postos a viajar através de tubos ocios. É o que chamamos de 'corrente'. Líquidos e gases podem correr: o rio é uma corrente de água e o vento é uma corrente de ar, e desta forma posso afirmar que a eletricidade também assim se comporta (GRAY, 1732, p. 287).

Figura 1.2: Ilustração do experimento feito por Joseph Gray com um menino suspenso em fios isolantes e utilizando a máquina de Hausksbee



Fonte: WATSON, 1748, p.154.

Através desse experimento pode-se deduzir que essa “coisa” chamada eletricidade fluía por uns materiais, mas outros não, ou seja passava pelo corpo da pessoa, mas não dos fios de seda, assim surgiu dois tipos de definição de objetos; os isolantes e os condutores:

Os materiais condutores não armazenam carga elétrica assim flui através deles para outros objetos é o caso dos metais como ferro, ouro e alumínio.

Os materiais isolantes dificultam a passagem de corrente elétrica como o caso da madeira e da seda presente no experimento.

**Charles François de Cisternay du Fay** (1698 -1739) químico francês, acreditou que a eletricidade possuía duas naturezas uma positiva e outra negativa que através de experimentos em 1773 detalhou o

fenômeno da atração e repulsão entre corpos, para ele a eletricidade tinha a habilidade de atrair corpos leves, é provável que tenha sido ajudado por Jean-Antoine Nollet (1700 -1770) nos experimentos.

O desenvolvimento da garrafa de Leiden teve a autoria de dois cientistas um era o Pieter van Musschenbroek e o Ewald Georg von Kleist, Pieter van Musschenbroek (1692-1761) físico e médico nasceu em Leiden, nos Países Baixos, foi professor da Universidade de Leiden, um de seus experimentos famosos consistiu em utilizar um gerador de Von Guericke e um fio de cobre, induzindo a ponta do fio e utilizando uma barra de aço na outra extremidade do gerador ligado a uma corrente de metal, o ajudante que segurava em uma das mãos a garrafa de água ao tocar com a outra mão a corrente levou um choque outro experimento é explicado por Rosa:

Atravessando a rolha com uma haste metálica, mergulhou-a até à água. Estava, assim, construído um dispositivo para armazenar o eflúvio elétrico, o primeiro condensador de carga elétrica estática produzida por fricção. Tão auspicioso fato teria enorme repercussão nos meios intelectuais e científicos da época, tendo, inclusive, a Academia de Ciências de Paris tomado conhecimento da experiência por meio da carta de Musschenbroek a Réaumur. (ROSA, 2012, pág. 310)

Ewald Georg von Kleist (1700-1748) desenvolveu aparelho parecido ao Pieter van Musschenbroek que quando era descarregado liberava uma pequena faísca, mas não teve tamanho impacto na sociedade científica local. (ROSA, 2012, pág. 311)

Por meio de estudos o cientista, funcionário público, abolicionista, diplomata, inventor, editor, autor, inventor, jornalista e filantropo, Benjamin Franklin (1706 - 1790) após vender sua editora, começou a pesquisar a eletricidade estática e com o passar dos anos conseguiu identificar cargas positivas e cargas negativas, demonstrou que os relâmpagos e raios são fenômenos de natureza elétrica, com um experimento inesquecível que consistia de uma pipa voara em meio a uma tempestade e em sua linha uma chave (objeto de metal) no dia 1 de outubro de 1752, mas a experiência como ele descreveu seria fatal, inventor do para-raios. Edmund Whittaker fala da dedução de Benjamin Franklin sobre esfregar uns materiais não se cria carga elétrica, mas apenas transfere ela, desse modo “a quantidade total em qualquer sistema isolado é invariável” e isto ficou conhecido como “princípio da conservação das cargas” e para Benjamin o *fogo elétrico* era os corpos que possuíam o mesmo tipo de matéria elétrica e ao atritar saíria esse fluido de um material para outro passando de um para o outro. (WHITTAKER, 1973).

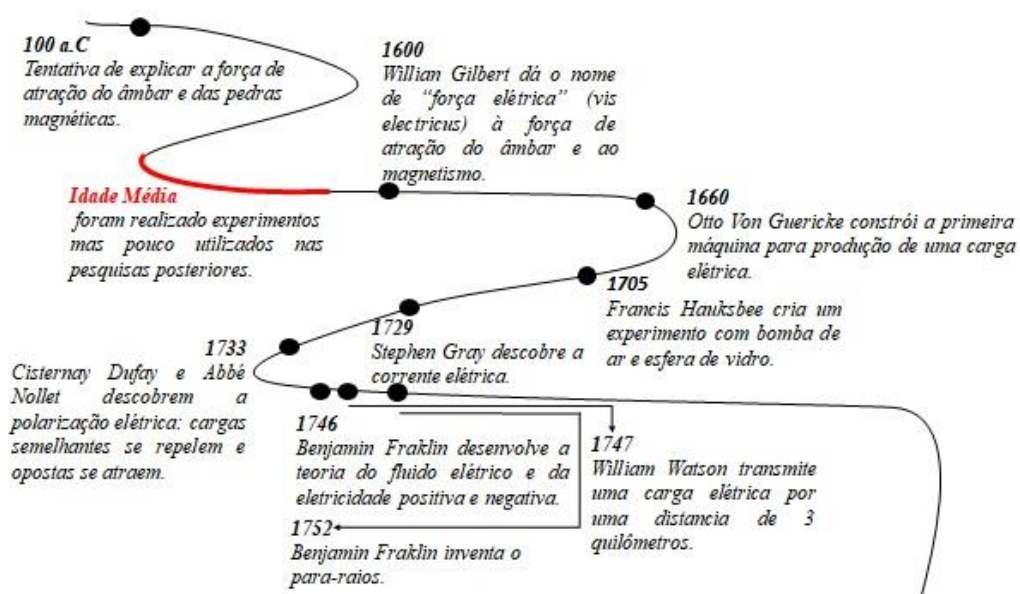
Benjamin Franklin relata 56 observações e teorias para explicar os vários fenômenos dos raios para John Michell (1724-1793) em 1749.

2. O fogo elétrico ama a água, é fortemente atraído por ela e eles podem coexistir, 3. O ar é um elétrico por si só e quando seco não conduz o fogo elétrico [...], 4. A água quando eletrizada, os vapores que dela saem também são eletrizados e flutuam no ar na forma de nuvens que mantêm o fogo elétrico até encontrarem outras nuvens ou corpos não tão eletrizados, e então comunicam [o fogo elétrico] a eles [...] e 33. Quando as partículas eletrizadas da primeira nuvem próxima perdem seu fogo [elétrico], as partículas de uma outra nuvem próxima o recebem [...] A colisão ou o solavanco dado no ar também contribui para derrubar a água, não apenas destas duas nuvens mas também de outras próximas. Portanto, a queda súbita da chuva imediatamente acende o relâmpago

(FRANKLIN, 1941, p. 201-206).

Sir William Watson (1715 -1787) cientista e medico inglês foi capaz de fazer em 1747 um experimento que consistia em conduzir a corrente elétrica por um fio por mais de 3,5 quilômetros. (DINIZ, 2012).

Figura1.3: Cronologia dos acontecimentos em relação a eletricidade



Fonte: 100 anos de história e energia (adaptado), 2012

Inventor da pilha elétrica **Alessandro Giuseppe Antonio Anastasio Volta** (1745-1827), italiano e inventor, conseguiu em 1778 descobrir e isolar o gás Metano, após reunir fama em 1799 começou a trabalhar na Universidade de Pávia, na Itália. Em 1800 inventou a pilha elétrica por meio de colocar discos de zinco e cobre de maneira alternada separando por um tecido fino úmido de uma solução de ácido sulfúrico produzido eletricidade quando um fio de metal era ligado aos discos de zinco e cobre, denominou-se de "Célula Voltaica" qualquer

aparelho que produzisse eletricidade por meio de processos químicos em homenagem ao cientista **Alessandro Giuseppe Antonio Anastasio Volta**.

[...] O aparato de que vos falo, e que sem dúvida surpreendê-los-á, é apenas a reunião de certo número de bons condutores de diferentes tipos arranjados de uma maneira determinada. Trinta, quarenta, sessenta peças ou mais de cobre, ou melhor, de prata, cada uma em contato com um pedaço de estanho, ou o que é melhor, de zinco e um número igual de camadas de água, ou de algum outro líquido que seja melhor condutor que a água pura, como a água salgada, ou da chuva e assim por diante, ou pedaços de papelão ou de couro, etc. embebidos nestes líquidos; quando essas camadas são interpoladas entre cada combinação de dois metais diferentes, tais séries alternadas desses três tipos de condutores sempre na mesma ordem, constituem meu novo instrumento [...] (VOLTA, 1800, Pág. 565)

Na Primeira Revolução Industrial (1760 – 1860) o principal combustível foi o carvão como fonte de energia para mover máquinas a vapor que eram aquecidas por meio da queima do material, isso começou a mudar com o desenvolvimento da eletricidade e suas aplicações na vida e trabalho.

**Luigi Aloisio Galvani** (1737 – 1798) foi homenageado na sua contribuição pela ciência sendo dado seu nome para células galvânicas, processo de galvanização, ao galvanômetro e outra forma de denominar a pilha é o termo “Pilha Galvânicas” também em homenagem a Luigi Galvani pela contribuição para a pilha. Em 1756 após acidentalmente em meio a uma dissecação de uma rã, aconteceu de um assistente tocar com o bisturi no nervo da perna da rã e ela se mexer Galvani, afirma Rosa:

Tendo dissecado e preparado uma rã, coloquei-a sobre uma mesa onde se achava, a alguma distância, uma máquina eletrostática. Aconteceu por acaso, que um dos meus assistentes tocou a ponta de seu escalpelo no nervo da coxa da rã; imediatamente os músculos dos membros foram agitados por violentas convulsões. (ROSA, 2012, Pág. 321).

Para ele a rã produzia uma eletricidade chamada de “eletricidade animal” que seria um fluido que sairia do cérebro atravessaria os nervos para os músculos, verificou em dias de tempestade o experimento funcionava da mesma forma que utilizando a máquina de Hausksbeeque foi utilizada para produzir eletricidade fez a experiência para diferentes metais e materiais isolantes e descreveu, afirma Rosa:

Levei o animal para um quarto fechado e coloquei-o sobre uma placa de ferro; quando toquei a placa com o fio de cobre, fixado na medula da rã, vi as mesmas contrações espasmódicas de antes. Tentei outros metais, com resultados mais ou menos violentos. Com os não condutores, todavia, nada se produziu. Isso era bastante surpreendente e conduziu-me a suspeitar de que a eletricidade era inerente ao próprio animal, suspeita que foi confirmada pela observação de uma espécie de circuito nervoso sutil (semelhante ao circuito elétrico da garrafa de Leide) fecha-se dos nervos aos músculos quando as contrações se produzem. (ROSA, 2012, Pág. 321)

Por conta da ciência iluminista o conceito de “eletricidade animal” para Alessandro Volta que era rival de Galvani, era parecido com magia e superstição e a eletricidade animal não existia e sim o que produzia o movimento das pernas do animal era a eletricidade de fora no caso a máquina de Hausksbeeque mas para Galvani as ideias de Alessandro Volta seria uma heresia por afirmar que a eletricidade de fora seria a mesma que produziria vida.

**Charles Augustin de Coulomb** (1791-1867) francês que foi engenheiro de formação submeteu a Academia de Ciências três *Memórias* em 1785, as quais as duas primeiras estavam relacionadas a eletricidade, a atração e repulsão entre cargas elétricas, através de experimentos utilizando balança de torção que ele próprio inventou, conseguiu demonstrar pela primeira vez que a força de atração ou repulsão entre duas cargas elétricas, como entre polos magnéticos, é diretamente proporcional ao produto de suas cargas e inversamente proporcional ao quadrado da distância entre seus centros em linha reta, a terceira estava relacionada a dispersão elétrica.

No livro *História da Ciência Volume II Tomo I – A Ciência Moderna* afirma que em 1786, 1787 e 1788 Coulomb apresentou mais 3 *Memórias* relacionadas a distribuição de eletricidade em condutores e à variação da densidade elétrica em condutores de dois condutores em contato.

A utilização do plano de prova, para colher a carga elétrica numa porção de superfície de um condutor, e da balança de torção para medir esta carga, permitiria determinar matematicamente a distribuição de cargas elétricas sobre os condutores. Sobre a “natureza” da carga elétrica, Coulomb assumiu uma posição prudente, sem assumir compromisso, apesar de revelar alguma preferência pela teoria dos dois fluidos. Coulomb foi homenageado com a designação de seu nome para unidade de carga elétrica. Com essas seis *Memórias*, Coulomb estabeleceria o primeiro alicerce sólido da eletrostática experimental e matemática. (ROSA, 2012, Pág. 320)

# Capítulo 2

## Magnetismo

### 2.1 O nascimento do Magnetismo

Tales de Mileto também fazia experimentos, com âmbar a respeito do magnetismo, na china havia experimentos sobre o magnetismo no período de 220 a.c aproximadamente, à relatos que os chineses imantavam agulhas com pedra-ímã para produzir bussolas em torno de 400 d.c. e descobriram um desvio angular no norte-sul geográfico ao norte-sul magnético da Terra.

O desenvolvimento da bússola de precisão, feita de uma agulha de ferro que se magnetizava ao ser esfregada a uma pedra-ímã (ou por termo-remanência), permitiu aos chineses descobrirem que a agulha não aponta exatamente para o norte (ou sul) celeste, mas sim que possui um certo desvio angular. Esse fenômeno é conhecido como declinação magnética. Sua descrição foi feita de maneira clara por Shen Kua (em 1088) (mencionado na seção 4) e pelo naturalista Khou Tsung-Shih (em 1116). Este último escreveu que a agulha aponta para o sul com um desvio de  $15^\circ$  para leste (em relação ao sul). (JÚNIOR, 2010, Pág. 207).

William Gilbert (1544-1603) cujo o principal trabalho *De Magnete, Magneticisque Corporibus, et de Magno Magnete Tellure* (Sobre os ímãs, os corpos magnéticos e o grande ímã terrestre) publicado em 1600 reunindo quase todo o conhecimento a respeito do magnetismo da época, descreveu seus experimentos e deles concluiu que a Terra era um grande ímã, acreditava que o magnetismo da Terra era influenciado pelo magnetismo do Sol e essa teoria influenciou o cientista Johannes Kepler.

John Michell (1724-1793) em 1751 lançou o livro *Um Tratado sobre Magnetos Artificiais*, relatando que a através da utilização da balança de torção descobriu que a interação

entre os polos magnéticos variava com o inverso do quadrado da distância entre eles, e a interação se intensificava quanto mais perto os polos estavam seja entre polos positivos com positivos, negativos com negativos ou positivos com negativos. (ROSA, 2012, Pág. 312).

# Capítulo 3

## Conceito de Ondas Eletromagnéticas

A maioria dos seres vivos possui um sentido que auxilia na sobrevivência, é a **visão** que através dos olhos que possuem capta luz dos objetos e transforma em pulsos elétricos que vão até o cérebro e são convertidos em imagem quase que instantaneamente.

Outro sentido que auxilia na vida é o tato, a pele funciona como um sensor térmico que capta ondas eletromagnéticas que o olho não vê que é o caso das ondas infravermelhas, o espectro de luz visível pelo olho humano varia do violeta ao vermelho.

A luz é energia radiante conhecida de forma técnica como ondas eletromagnéticas, denominamos onda eletromagnética qualquer forma de onda que apresenta um campo elétrico e outro magnético perpendiculares entre si. Por esta característica, a onda eletromagnética é dita onda transversal.

### 3.1 Eletricidade + Magnetismo

Hans Christian Oersted (1777-1851) físico e químico dinamarquês em 1820 observou em um de seus experimentos que com a passagem de corrente elétrica no fio condutor, ele aquecia e quando colocava uma bússola perto do fio enquanto ele recebia descarga elétrica, a bússola alterava a indicação do polo norte-sul magnético da Terra, isso indicava que a passagem de corrente elétrica num fio condutor produzia um campo magnético em sua volta, dando enfim início ao estudo do Eletromagnetismo, essa experiência deu início aos experimentos de Michel Faraday. (ROSA, 2012, Pág. 137).

André-Marie Ampère (1775 – 1836), cujo pai foi morto no período da revolução francesa, na guilhotina, estudou muito jovem matemática e latim, em 1820 informou a Academia de Ciências de seus experimentos que consistia de observar o efeito de cargas

elétricas em fios, ao colocar dois fios condutores em paralelo e passar corrente elétrica, notou que se as correntes fossem no mesmo sentido os fios se repeliriam e em sentido contrário eles se atrairiam, ao enrolar um fio em formato espiral e passa se corrente elétrica ele produziria um campo magnético semelhante a um ímã permanente. Em 1827, escreveu *Teoria matemática dos fenômenos eletrodinâmicos, deduzida unicamente da experiência* que explicava o fenômeno elétrico e magnético com a visão por interações newtonianas entre os elementos de correntes e desenvolvem a “*regra da mão direita*” se utiliza a mão direita em que o polegar segue o caminho e sentido da corrente num fio e quando tenta se tenta fechar a mão os quatro dedos restantes indicariam o sentido do campo magnético presente no fio.

Na obra, Ampère enunciou, igualmente, quatro importantes princípios do Eletromagnetismo: i) as ações de uma corrente ficam invertidas quando se inverte o sentido da corrente; ii) há igualdade nas ações exercidas sobre um condutor móvel por dois outros, fixos, situados a igual distância do primeiro; iii) a ação de um circuito fechado, ou de um conjunto de circuitos fechados sobre um elemento infinitésimo de uma corrente elétrica é perpendicular a esse elemento; e iv) com intensidades constantes, as interações de dois elementos de corrente não mudam quando suas dimensões lineares e suas distâncias são modificadas numa mesma proporção. Com suas descobertas, Ampère condenaria, em definitivo, a crença nos fluidos magnéticos, entidade misteriosa e metafísica, tida como responsável pelas propriedades magnéticas da matéria. (ROSA, 2012, Pág. 140).

Jean Baptiste Biot e Félix Savart (1791-1841), descobridores da lei de Biot-Savart em 1820 que com ela finalmente poderia calcular a intensidade que o campo magnético possuía, apresentaram essa descoberta experimental à Academia de Ciências, em 1823 William Sturgeon (1783-1850) físico inglês desenvolveu o eletroímã que mais tarde foi aprimorado por Joseph Henry (1797-1878). (ROSA, 2012, Pág. 141).

Georg Simon Ohm (1787-1854) professor, físico e alemão, em 1827 realizando experiência desde 1825 com o diâmetro e comprimento de fios condutores de circuitos elétricos que recebem corrente elétrica, ele pode deduzir que para cada comprimento e espessura de fio a corrente mudava, ou seja variava a intensidade da corrente e com isso deduziu que pela passagem de corrente no fio havia um tipo de resistência, e com isso descobriu que a resistência do fio é proporcional ao seu comprimento e inversamente proporcional a sua área de seção transversal do fio (quanto maior a espessura do fio menor será a resistência), com isso foi elaborado o conceito de resistência elétrica, isso ficou conhecido como segunda lei de Ohm. A primeira lei refere-se que a resistência do fio é proporcional a uma diferença de potencial e inversamente proporcional a corrente elétrica que o fio é sujeito. (ROSA, 2012, Pág. 141).

Michael Faraday (1791 - 1867) foi um físico e químico britânico suas principais contribuições no meio científico foram em relação a eletroquímica, magnetismo e eletricidade, fascinado principalmente por experimentos, após investigar a relação da eletricidade com o magnetismo descobriu em 1832 a indução eletromagnética, em 1826 desenvolveu um experimento em que consistia de utilizar uma pilha, dois fios condutores,, um recipiente de vidro cujo dentro dele tinha um ímã permanente fixo por cera e em volta do ímã tinha mercúrio (bom condutor de eletricidade) e uma haste de cobre com um fio pendurado sobre o mercúrio, quando o circuito estava fechado a corrente elétrica circulava nele e produzia um campo magnético que interagia com o campo magnético do ímã no centro do recipiente de vidro provocando o movimento do fio de forma circular em volta do magneto, sendo o primeiro motor elétrico. Reis (2009) fala em sua tese de doutorado que no ano de 1832 Faraday começa a ver relação entre a eletricidade, magnetismo e o movimento sem conseguir sucesso. (REIS, 2009, Pág. 26).

[...] O balanço das forças em torno de um ponto central, é tudo o que podemos entender disso. A ação das forças constitui a hipótese de que há um meio de perceber o movimento de rotação, usando as propriedades do mercúrio, através dos poderes de atração e repulsão onde circulam correntes, distinguindo-se a condição de condução entre os fios imersos nele (mercúrio), porém, quando dois fios saiam do mesmo polo do magneto não havia ação entre eles. [...]. (REIS, 2009, Pág. 29).

Outra descoberta feita por M. Faraday está relacionada ao conceito de linhas de campo, que ele por meio de um experimento simples que consistia de colocar malha de ferro em cima de um a folha de papel e embaixo da folha um ímã, ao vibrar a folha de papel a malha se rearranjava em cima das linhas de campo magnéticas do ímã, tornando assim pela primeira vez visível a olho nu, as linhas estavam mais concentradas em torno do ímã. (ROSA, 2012, Pág. 130). Passagem de Faraday encontrada na dissertação de J.B.A Reis:

[...] por linha de força magnética, ou linha magnética de força ou curva magnética, quero dizer o exercício de força magnética, que é exercido nas linhas usualmente chamadas de curvas magnéticas e, que, igualmente existem como se estivessem passando de ou para os polos magnéticos, ou formando círculos concêntricos ao redor de uma corrente elétrica. Por linhas de força elétrica, defino a força empenhada nas linhas unindo dois corpos agindo um

sobre o outro de acordo com os princípios da indução eletrostática. (1161, &c.), que podem também ser em linhas curvas ou retas. [...]. (REIS, 2009, Pág. 46).

Outro experimento fascinante, foi colocar um disco de cobre que gira por uma manivela entre dois ímãs permanentes, um experimento similar ao anterior que consistia de colocar um ímã dentro de uma bobina de fio de cobre, ao movimentar o ímã dentro da bobina produziria corrente elétrica na bobina, o experimento do disco, ao girar a manivela girava o disco preso nela entre o campo magnético do ímã, os elétrons presentes no disco deslocavam-se para as extremidades do disco e eram captados por um fio quando colocado em contato enquanto existia o movimento, assim produzindo corrente elétrica contínua através da energia mecânica de movimento do disco. (GUEDES, 1996, Pág. 234-245).

Pesquisando se esferas metálicas carregadas apresentariam carga em seu interior, elas recebiam carga após serem cuidadosamente isoladas do solo e examinadas a superfície e o interior através de buracos por um eletrômetro (aparelho que mede carga elétrica) ao final detectou-se apenas carga na superfície assim concluiu-se que a carga ficava sem exceção na superfície, indo mais a fundo construiu uma gaiola de madeira revertida a superfície por fios condutores no interior e fora colocou eletrômetros para examinar o interior e exterior da gaiola em busca de carga elétrica, após passar corrente na superfície da gaiola o eletrômetro no interior não detectou carga já o de fora sim, após isso ele entrou na gaiola e passou a corrente e observou, afirma R.P. Leite (2012):

Fui para o cubo e fiquei nele, e usando velas acesas, eletrômetros, e todos os outros testes de estados elétricos, eu não poderia encontrar a menor influência sobre eles, ou indicação de qualquer coisa especial dada por eles [...]. (LEITE, 2012, pág. 46)

Com a utilização do eletroímã surgiu um novo tipo de comunicação, o telegrafo em 1837, que é uma forma de controlar um eletroímã a distância, dessa forma por meio de intervalo de tempo que um circuito era ligado e desligado produzia uma forma de comunicação, uma forma mensagem, e isso desenvolveu o primeiro veículo de mensagem entre países praticamente instantânea, as cartas que demoravam semanas para serem entregues de um país para outro, agora com o telegrafo esse tempo era de segundos, isso foi possível graças ao físico Samuel Finley Breese Morse (1791 - 1872) inventor do telegrafo e o Código Morse em 1830. Para o funcionamento do telegrafo entre continentes era necessário a criação cabos que

atravessassem o oceano de um continente para outro, em 1858 foi inaugurado o primeiro cabo submarino que ligava a America do Norte e Inglaterra, que depois parou de funcionar, mas mais tarde em 1866 foi inalgurado com êxito e depois aumentou o número de cabos submarinos mas só eraram usados para as mensagem telegráficas. (NETO, 2019).

Figura 3.1: Aparelho de Telegrafo - 1837



Fonte: História das comunicações e das telecomunicações, 2019

## 3.2 A Guerra das Correntes

Thomas Alva Edison (1847 - 1931) Norte Americano, inventor e empresário cuja as principais invenções são fonógrafo e cinematógrafo aperfeiçoou o telefone, máquina de escrever e a lâmpada incandescente. No período do século XIX para iluminar à noite as casas eram utilizados velas e gás, já as ruas e ferrovias, arcos elétricos que eram compostos de artes de carbono que passava uma corrente elétrica, liberando luz intensa que não era adequado as casas, era necessária uma forma mais intensa de que as velas e menos do que os arcos elétricos, isso desenvolveu pesquisas sobre a lâmpada elétrica (lâmpada incandescente). Com a lâmpada incandescente que consistia de uma ampola de vidro cujo o interior não tinha ar pois o oxigênio acelerava o processo de queima do filamento presente no dentro da lâmpada pelo qual passava a corrente elétrica, Thomas Edison e seus engenheiros tiveram dificuldade de achar um material

para produzir esse filamento que produzisse luz e não inflamasse se baseando na ideia de resistência do material de Ohm e quanto mais fino o filamento de acordo com a segunda lei de Ohm maior seria a resistência, precisando de mais energia que produziria calor e resultando na luminescência, para isso ele utilizou diversos materiais (algodão, platina, ródio, rutênio, seda, etc). No artigo “Os mitos dos cientistas e suas controvérsias” de Rodrigo Moura e João Batista Garcia Canalle há uma passagem de Ignácio de Loyola Brandão, na página 93 de seu livro "Tomás Edison", explicando Thomas Edison não inventou a lâmpada elétrica: (MOURA; CANALLE, 2001). Edison não inventou a luz (elétrica). Apesar de ser reconhecido popularmente por ela, através dos tempos, o que na verdade ele fez foi dar o toque de gênio: aperfeiçoá-la. O problema da lâmpada elétrica era bastante complexo. Sua realização tinha sido tentada por umas dez pessoas. Ao menos, sabe-se que dez chegaram a um resultado mais satisfatório, conseguindo elaborar uma lâmpada que se acendia por alguns momentos. Em 1820, na França, De La Rive apresentou uma lâmpada incandescente. Houve depois as experiências de De Moylens, em 1841, J. W. Starr, em 1845, Joseph Swan, um inglês, que produziu lâmpadas incandescentes usando carvão ou platina como condutores, a partir de 1848. Os russos Kohn e Lodyguine chegaram muito perto. Outro russo, Jablochhoff iluminou a avenida da ópera com 64 lâmpadas, durante a Exposição Internacional de Paris. Nos Estados Unidos, Moses Farmar já tinha iluminado a sala de sua casa com pequenas lâmpadas construídas com fios de platina e irídio. E Sawyer tinha conseguido uma patente protegendo uma lâmpada cujos fios eram de platina. (BRANDÃO, 1974).

Nikola Tesla (1856 – 1943) nasceu no Império Austríaco engenheiro elétrico desenvolveu o motor de corrente alternada (C.A) em 1888, foi o princípio da mudança na forma de distribuição de eletricidade que na época foi elaborada por Thomas Edison na forma de corrente contínua (C.C), na corrente contínua os elétrons seguem o percurso do fio condutor como o fluxo de um rio contínuo com a mesma passagem de elétrons por intervalo de tempo. Já a corrente alternada (C.A) o movimento deles varia no intervalo de tempo no sentido contrário isso aumentaria a tensão e diminuiria a corrente e por consequência a perda de energia por meio da resistência elétrica, antigo funcionário que trabalhou entre os anos de 1882 a 1885 para Edison na época tentou mostra seu trabalho em relação a C.A sem sucesso pois Edison já possuía seu sistema que acreditava ser seguro e possuía todo seu sistema de distribuição de eletricidade pronto, assim se demitiu e mais tarde começou a trabalhar com George Westinghouse, Jr. (1846 - 1914) que comprou suas patentes do motor de C.A.

A execução de prisioneiros era feita por forca, mas a Comissão de Morte do Estado de Nova York procurava uma alternativa mais humana que os franceses em sua revolução, procuraram Thomas Edison, ele sendo contra a pena de morte e esse marketing negativo indicou seus rivais da C.A, afirmou que a corrente alternada era uma forma mais efetiva de execução, a primeira execução por cadeira elétrica ocorreu no ano de 1890:

Eram 6h38 da manhã quando William Kemmler foi trazido à sala, diante de 17 testemunhas. [...] O carcereiro se despediu com um “Adeus, William” e ordenou que ligassem a chave, passando uma corrente de mil volts por seu corpo. Depois de 17 segundos, a chave foi desligada. O médico concluiu que ele estava morto – um sucesso. Até as testemunhas notarem, nervosamente, que ele ainda respirava. A máquina então foi reajustada para 2 mil volts. Imediatamente, uma fumaça começou a sair de sua cabeça, espalhando um cheiro insuportável de carne e cabelos queimados. Os vasos sanguíneos sob a pele simplesmente explodiram e ele começou a sangrar.

As testemunhas se levantaram para sair da sala, mas foram impedidas pela porta trancada. Tiveram de suportar a tortura por oito minutos, até terem certeza de que William Kemmler, assassino da própria esposa, fora despachado. (MARLON, 2016, Pág. 30).

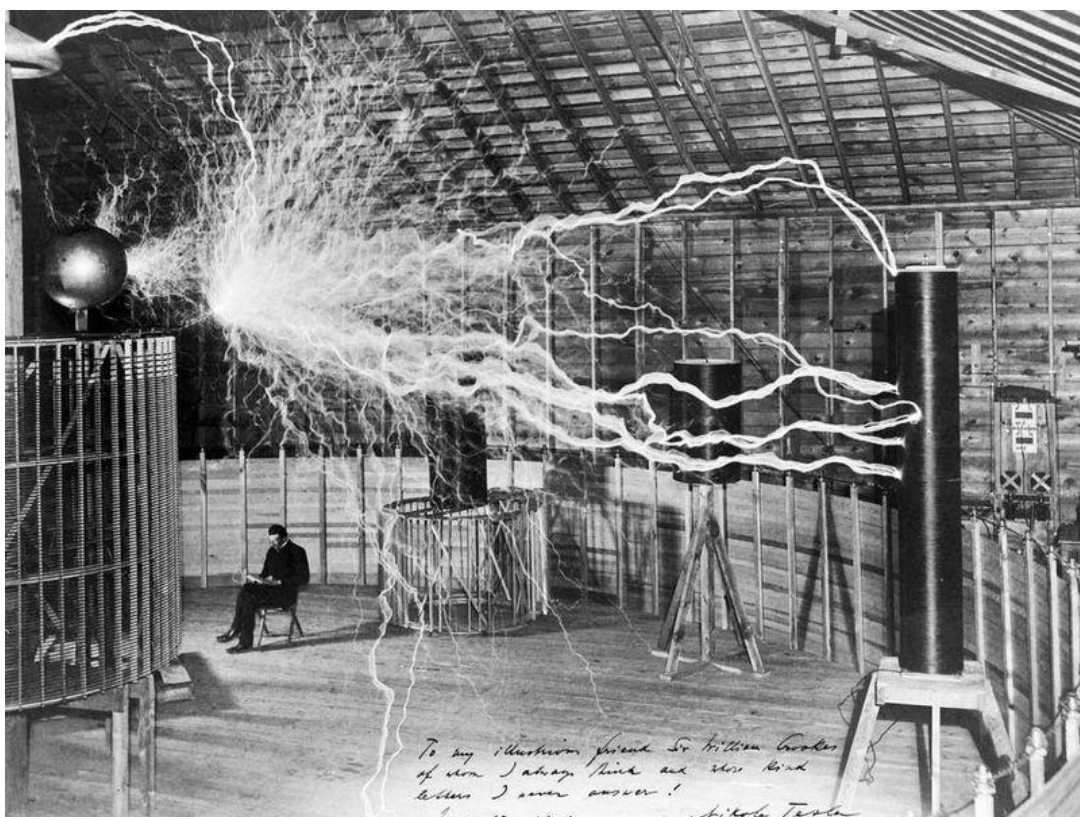
“Um Alerta da Companhia de Iluminação Edison” era o título do panfleto de Edison com 88 páginas informando o perigo da C.A e a forma que seus defensores não estavam preocupados com a segurança do público, com a morte de uma criança em 1888, eletrocutada com cabos elétricos que caíram por consequência de uma tempestade de neve a teoria de Edison se intensificou em meio as pessoas e o medo da eletricidade C.A se intensificou, os cabos perigos eram os que levavam corrente alternada para os postes com lâmpadas de arcos elétricos que iluminavam as ruas à noite, esses cabos possuíam corrente de 3 mil volts. (MARLON, 2016, Pág. 36).

Harold Pitney Brown (1857 - 1944) alegava em seu artigo de 1889 que as empresas que usavam C.A não queriam gastar dinheiro com cabos de cobre, e por isso as empresas submetiam as pessoas ao perigo da C.A mais tarde foi descoberto que Brown recebia dinheiro de Edison para difamar a C.A.

Com os prejuízos da “Guerra das Correntes” Edison por fusão de várias de suas empresas subsidiárias perdeu o controle acionário de uma delas e contra sua

vontade sua empresa subsidiária Edison Machine Works iniciou o desenvolvimento de aparelho que utilizavam corrente alternada, em 1892 a empresa se fundiu com Thomson-Houston usava C.A se chamando agora General Electric, sem Edison no controle. Westinghouse ganhou o direito de iluminar a Feira Mundial de Chicago isso ajudou a ganhar a autorização da criação da hidrelétrica de Niágara Falls em 1896 que foi finalizada com o auxílio Nikola Tesla. (MARLON, 2016, Pág. 38).

Figura 3.2: Ilustração de Tesla gerando raios em seu laboratório



Fonte: Minhas Invenções

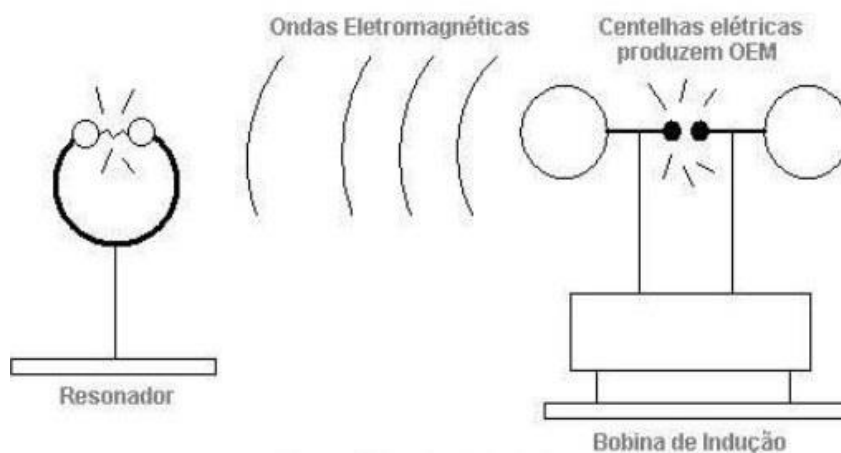
James Clerk Maxwell (1831 – 1879) estudioso desde criança com o auxílio do pai fazia experiências, mais tarde fazendo trabalhos acadêmicos como “Teoria Dinâmica do Campo Elétrico” estudou a eletricidade, suas descobertas em relação de como calcular a velocidade das moléculas num gás e a demonstração da relação entre a temperatura absoluta e energia cinética conseguiu produzir o Tratado Sobre a Eletricidade e Magnetismo com suas quatro equações

que através delas são as bases da teoria eletromagnética, sendo que a primeira equação fala do divergente do campo elétrico igual à densidade de carga dividida pela permissividade do vácuo, assim sendo relacionada com a lei de Gauss no campo elétrico, a segunda equação afirma que o divergente de um campo elétrico é zero e isso corresponde a lei de Gauss para o campo magnético, a terceira afirma que um campo magnético que varia no tempo produz um campo elétrico referindo a lei de Faraday-Henrye, a quarta equação é similar a terceira e refere-se a produção de um campo magnético por meio de uma corrente elétrica que varia no tempo. (ROSA, 2012, Pág. 145).

Com a obra “A Dynamical Theory of the Electromagnetic Field” Maxwell conseguiu demonstrar de forma matemática a semelhança do comportamento da corrente elétrica e de seu campo magnético com as ondas da luz, utilizando os experimentais de Weber e Kohlrausch em 1857, Maxwell conseguiu calcular a velocidade de propagação dos distúrbios eletromagnéticos com aproximadamente 310,740 Km/s (quilômetros por segundos) muito próximo a velocidade da luz encontrada por Jean Leon Foucault em 1850 de 298,360 Km/s, assim uniu através de seus trabalhos de 1964 e 1973 a óptica, magnetismo e eletricidade. (ROSA,2012, Pág. 147).

Heinrich Rudolf Hertz (1857 – 1894) disposto a provar as teorias de ondas eletromagnéticas de Maxwell desenvolveu um experimento em 1888 que consistia de uma corrente alternada que passava por duas hastes de metal cuja as pontas havia esferas metálicas e ao ligar a corrente, centelhas passavam de uma esfera para outra, esse fenômeno produziria ondas eletromagnéticas que interagem com fios induzindo a uma corrente elétrica, que podia ser detectada pelo aparecimento de centelhas elétricas no fio que sofreu a indução. (ROSA,2012, Pág. 148).

Figura 3.3: Experimento produzido por Hertz

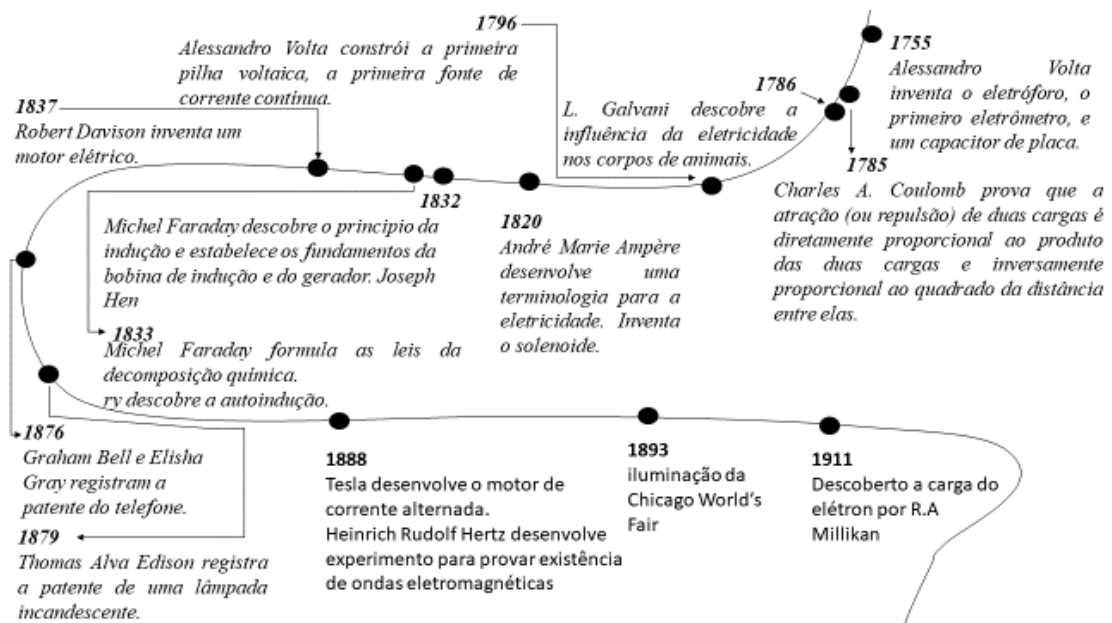


Fonte: Experimento de Hertz

Retirando ar de ampolas para chegar ao vácuo William Crookes (1832 – 1919) no recipiente passou uma corrente elétrica e notou um brilho luminoso nas extremidades do recipiente, esse feixe de luz ficou conhecido por Raios Catódicos. (ROSA, 2012, Pág. 174).

Os raios catódicos que foram obtidos por William Crookes foram cruciais para Joseph John Thomson (1856 – 1940), pois através de experimentos pode concluir que esses raios eram produzidos por pequenas partículas atômicas com carga negativa que mais tarde denominou-se de elétron e assim finalmente pode descobrir a eletricidade em escala atômica e sua relação carga/ massa, já sua carga foi através da experiência de Robert Andrews Millikan (1868-1953), em 1909 com a experiência de estudo de gotas microscópicas (gotículas) colocadas entre duas placas de metal horizontais. (JOFFILY, 2019).

Figura 3.4: Cronologia dos acontecimentos em relação a eletricidade



Fonte: 100 anos de história e energia (adaptado), 2012

# Conclusão

A evolução da humanidade está ligada ao desenvolvimento de tecnologias para facilitar o trabalho e o desenvolvimento de maneiras mais efetivas de transmitir a informação entre continentes, países, estados e etc., hoje no século XXI desenvolve-se tecnologias gigantescas com base em partículas atômicas de tamanho desprezível em relação a esse mundo macroscópico, partícula que hoje é chamada de elétron, ao longo dos anos incontáveis cientistas, filósofos, engenheiros e pensadores dedicaram suas vidas a entender.

O eletromagnetismo revolucionou o mundo, primeiro como uma curiosidade por parte dos cientistas, depois com experimentos diferentes em laboratórios e finalmente pode ser dominado e utilizados com cabos elétricos e hidrelétricas iluminando o mundo e mudando os meios de comunicação com telégrafos e rádios definindo o mundo como vemos hoje.

# Referências Bibliográficas

ASSIS, Andre Koch Torres. **Os Fundamentos Experimentais e Históricos da Eletricidade**. Dominique Montreal: Apeiron Montreal, 2010, p. 240.

BRANDÃO, Ignácio de Loyola. **Thomas Edison, Coleção "Os Homens que mudaram a Humanidade"**, Brasil: Editora Três, 1974. p 93.

BRITO, Jefferson; PÂMELA Laís; OLIVEIRA, Pâmela. Disponível em: <https://pt.slideshare.net/PmelaOliveira3/experimento-de-hertz>. Acesso em: 25 mai. 2019, 09:33:05.

BOSS, Sergio Luiz Bragatto; ASSIS, André K. T; CALUZI, João José. Stephen Gray e a descoberta dos condutores e isolantes: tradução comentada de seus artigos sobre eletricidade e reprodução de seus principais experimentos. São Paulo: Cultura Acadêmica, 2012. p. 29.

DINIZ, Renato. **100 Anos de História e Energia**. 1. ed. São Paulo: Via das Artes: 2012.

FERREIRA, Aurélio Buarque de Holanda. **Novo Dicionário da Língua Portuguesa**. Rio de Janeiro: Nova Fronteira, 1975. p. 82.

FRANKLIN, Benjamin. **The Electrical Writings of Benjamin Franklin and Friends as collected** by Robert A. Morse. H. Dudley Wright Center for Innovation in Science Teaching, Tufts University, Medford, MA, 2004.

GRAY, Joseph. **Philosophical Transactions of the Royal Society # 37: A Letter to Cromwell Mortimer**. Londres: Royal Society Publishing, 1732, p. 652.

GUEDES, Manoel Vaz. **O Gerador de Faraday**. Nº 337. Porto: Electricidade, 1996, p. 243-245.

JOFFILY, Sérgio. **A Descoberta do Elétron**. Instituto de Cosmologia, Relatividade e Astrofísica (ICRA-BR). Centro Brasileiro de Pesquisas Físicas. Rio de Janeiro. Disponível em: [http://cbpfindex.cbpf.br/publication\\_pdfs/mo00205.2011\\_01\\_18\\_10\\_18\\_58.pdf](http://cbpfindex.cbpf.br/publication_pdfs/mo00205.2011_01_18_10_18_58.pdf). Acesso em: 20 mai. 2019, 15:07:05.

JÚNIOR, Osvaldo Pessoa. **Modelo causal dos primórdios da ciência do magnetismo**. 8. V. 2. N. São Paulo: Scientiæ Zudia, 2010, p. 195-212.

MARTON, Fabio. **Tesla x Edson: A guerra entre dois gênios que deu origem à era elétrica**. Brasil: REVISTA AVENTURAS NA HISTÓRIA, p. 30- 39, fev. 2016.

MENDES, Mariane. **Eletricidade**. Site: Brasil Escola Disponível em: <https://brasilescola.uol.com.br/fisica/eletricidade.htm>. Acesso em: 22 mai. 2019, 11:00:43.

MOURA, Rodrigo; CANALLE, João Batista Garcia; **Os Mitos dos Cientistas e Suas Controvérsias**. 2. nº. 23. vol. São Paulo: Revista Brasileira de Ensino de Física, 2001.

NETO, Pedro de Alcântara. **História das comunicações e das telecomunicações**. Pernambuco. Disponível em: [https://www.academia.edu/16844296/Historia\\_das\\_comunica%C3%A7%C3%B5es\\_e\\_das\\_telecomunica%C3%A7%C3%B5es](https://www.academia.edu/16844296/Historia_das_comunica%C3%A7%C3%B5es_e_das_telecomunica%C3%A7%C3%B5es). Acesso em: 20 mai. 2019, 10:30:30.

OSADA, Jun'ichi. **Livro evolução das ideias da física**. São Paulo: Edgard Blücher Ltda, 1972. p. 26.

REIS, João Batista Alves dos Reis. **A Arquitetura Metodologica de Faraday**. 2009. Tese de Doutorado (Doutorado em História da Ciência). Pontifícia Universidade Católica. 2009.

ROSA, Carlos Augusto de Proença. **História da Ciência - Volume I: Da Antiguidade ao Renascimento Científico**. Brasília: FUNAG, 2012. p. 412.

ROSA, Carlos Augusto de Proença. **História da Ciência - Volume II: O Pensamento Científico e a Ciência no Século XIX**. Brasília: FUNAG, 2012. p. 380.

TESLA, Nikola. **Minhas Invenções: A autobiografia de Nikola Tesla**; Tradução Roberto Leal Ferreira. São Paulo: UNESP, 2012, p. 78.

VOLTA, Alessandro. **On the electricity excited by the mere contact of conducting substances of different kinds**”, in U.Hoepli, *Le Opere di Alessandro Volta*, Edizione Nazionale, Vol. 1. p. 565.

WATSON, Guill. **Recueil de Traités sur L'électricité: Experiences et observations pour server a l'explication de la Nature et des proprie'ts de L'électricité**. Segunda parte. Paris: Sebastien Jorry, 1748. p. 156.

WHITTAKER, Edmund Taylor. **History of the theories of aether and electricity**. New York: Humanities Press, 1973. p. 475.