



VIII Congresso de Pesquisa e Extensão da FSG  
VI Salão de Extensão

<http://ojs.fsg.br/index.php/pesquisaextensao>  
ISSN 2318-8014



## O ELETROMAGNETISMO NA HISTÓRIA DA ELETRICIDADE

Gabriel Mendes Mondo<sup>a</sup>, Joel Marcos Guerra Cavalheiro<sup>b</sup>, Roberta Martins<sup>b</sup>, Raquel Finkler<sup>c</sup>,  
Andréa Ucker Timm<sup>c\*</sup>

<sup>a</sup>) Curso de Graduação de Engenharia Mecânica;

<sup>b</sup>) Curso de Graduação de Engenharia Elétrica;

<sup>c</sup>) Centro de Tecnologia e Inovação – Centro Universitário da Serra Gaúcha - FSG.

### Informações de Submissão

\*Prof. Dra. Andréa Ucker Timm (Orientador),  
endereço: Rua Os Dezoito do Forte, 2366 -  
Caxias do Sul - RS - CEP: 95020-472.

### Palavras-chave:

Corrente. Dínamo. Eletromagnetismo. Energia.

### Resumo

A geração de energia ocorre a partir de diversas maneiras, como através de usinas hidrelétricas ou nucleares. Este estudo descreve uma importante parte da história da geração de energia, tendo como foco um componente muito utilizado chamado dínamo, como e quem o criou e os motivos que geraram a necessidade de evolução do mesmo. Utilizando o método bibliográfico, realizou-se pesquisas exploratórias, revisando artigos científicos, TCC's, revistas do segmento e livros relacionados ao conteúdo. Com base nessa pesquisa, espera-se que o leitor possa adquirir conhecimentos satisfatórios relacionados aos princípios de geração de energia e consequentemente adquirir uma breve experiência no mundo da física.

## 1 INTRODUÇÃO

A geração de energia sustentável é um tema muito discutido atualmente, mas para compreender o conceito de energia é necessário estudar a história do mesmo, começando pelo eletromagnetismo. Muitos anos antes de se tornarem famosos e importantes, figuras da ciência e observadores da antiguidade notavam que quando determinados materiais eram submetidos ao atrito com materiais diferentes cediam ou recebiam manifestações, que pareciam transferir-se de um corpo para o outro, estabelecendo assim propriedades correspondentes ao da pedra ímã (MARTINS, 1986).

A capacidade de deslocamento e transferência deste circuito entre os corpos, estabelecia um caminho tornando-os assim concentrados ou carregados. Os fenômenos foram observados em diversas produções, que acabaram formando ao longo do tempo uma base e

incentivo para o caminho de descoberta dos conceitos do eletromagnetismo (MARTINS, 1986).

A eletricidade tem sua história iniciada na Grécia Antiga com o filósofo Tales de Mileto, em meados do século VI a.C. (RAMOS, 2019). Ao esfregar uma pedra de âmbar (resina vegetal fóssil petrificada) com pele e lã de carneiro, Tales notou que acontecia um fenômeno de atração quando aproximava esta pedra de algum material leve como palhas e/ou fragmentos de madeira. A palavra eletricidade é derivada do nome âmbar, que em Grego significa *eléktron* (ANJOS, 2019).

No século XVII, iniciou-se os estudos sistemáticos referentes a eletrificação por atrito pelo físico alemão Otto von Guericke, que em 1672 inventou uma máquina geradora de cargas elétricas. Ela consistia em uma esfera de enxofre que girava constantemente em atrito com terra seca, gerando assim as cargas elétricas. Meio século depois, o inglês Stephen Gray, fez a primeira distinção entre condutores e isolantes elétricos, realizando um teste com um eletroscópio eletricamente carregado e um canudinho eletrizado através de atrito com papel ou poliamida. Dentro do eletroscópio havia uma pequena tira de papel de seda que ao detectar um campo elétrico se levantava. Então, com os dedos, Stephen Gray aproximava o material que desejava testar e, caso a tira de seda continuasse de pé, significava que o material não era condutor, caso contrário o material era condutor, pois oferecia um caminho de saída para descarregar o eletroscópio (CRUZ, 2005).

No século XVIII, houve um avanço tecnológico nas máquinas geradoras de energia até tornarem-se um disco rotativo de vidro que é colocado em atrito com um isolante. Foi neste século que houve a invenção do condensador, isto foi descoberto pelo físico alemão Ewald Georg von Kleist e pelo cientista holandês Petrus van Musschenbroek. O condensador é um conjunto de dois ou mais corpos condutores isolados entre si, este equipamento era capaz de armazenar cargas elétricas. Atualmente o condensador é conhecido como capacitor (RAMOS, 2019).

Por volta do ano de 1752, o cientista Benjamin Franklin inventou o para-raios. Utilizando um fio de metal para empinar uma pipa de papel, este fio estava preso junto a uma chave também de metal que era manipulada por um fio de seda, Franklin soltou a pipa e pode observar que a carga elétrica dos raios descia pelo dispositivo que ele havia criado. Com isso, ele concluiu que a eletrização de dois corpos atritados era devido à falta de um dos dois tipos de eletricidade em um dos corpos. Na época estes dois tipos de eletricidade eram conhecidos

---

como eletricidade resinosa e vítrea. Nos dias de hoje se sabe que a eletrização ou não de um corpo deve-se a falta ou excesso de elétrons no mesmo (HEINISCH, 2019).

No período entre 1780 e 1790, o médico e cientista italiano Luigi Galvani dedicou-se aos estudos da eletricidade no corpo dos animais, onde efetuou diversas experiências com rãs mortas para tentar entender a contração dos membros posteriores quando lhes eram aplicados eletricidade estática (RAMOS, 2019). A fim de aplicar uma eletricidade mais forte, Galvani decidiu utilizar as descargas elétricas de uma tempestade para realizar uma nova experiência. Assim, ele pendurou as pernas de uma rã utilizando um gancho de latão em um corrimão que ficava fora do seu laboratório. Após realizar estes novos testes, Galvani equivocadamente atribuiu esta reação à eletricidade animal e não aos metais que estavam em contato com as pernas da rã (RAFAEL, 2019).

Com a realização desta experiência, sem perceber Galvani produziu a corrente elétrica, que logo em seguida se tornaria o princípio de funcionamento de uma pilha elétrica. Quando publicou sua obra referente aos resultados das experiências realizadas que acabara sendo divulgada em meados de 1791, intitulada “Comentários sobre a força elétrica nos movimentos” (RAMOS, 2019).

Em 1792, partindo das notas de Galvani, o físico italiano Alessandro Volta buscou pesquisar e realizar experimentos sobre o fenômeno em questão, pois não estava convencido de que se tratasse de eletricidade animal, o que culminou na verdadeira explicação para tal. Segundo Volta, a eletricidade era produzida pelo contato entre os dois metais que tinham suas cargas elétricas ativadas por uma força eletromotriz que automaticamente gerava um fator de desequilíbrio. A partir destas pesquisas, Volta desenvolveu uma tábua de tensão referente aos metais divulgando a mesma em 1793, pouco tempo depois, em 1800 suas pesquisas o levaram a criação da chamada pilha que construiu empilhando discos de cobre e zinco, separados por algodão umedecido em ácido sulfúrico (FRAZÃO, 2019).

No dia 20 de março de 1800, Volta escreveu uma carta à *Royal Society of London*, descrevendo seus testes e conclusões, esta experiência nos levou ao que conhecemos nos dias de hoje como pilha voltaica. Esta célula elétrica foi a precursora das baterias secas utilizadas atualmente. Pela primeira vez na história da ciência, foi produzida uma fonte contínua de eletricidade. Graças a esta descoberta, novos caminhos foram abertos nos campos de pesquisa elétrica e química, e em 1893, o Congresso dos Eletricistas homenageou Alessandro Volta, dando o nome de volt à unidade de força eletromotriz (FRAZÃO, 2019).

---

A descoberta acidental de Galvani e a invenção da pilha de Volta marcaram fortemente a evolução das concepções sobre a eletricidade e o magnetismo, impulsionando as pesquisas em diversos segmentos.

Por volta de 1820, o físico e químico dinamarquês Hans Christian Oersted descobriu a ligação entre a eletricidade e o magnetismo, através de seu experimento, por uma bússola era aproximada de um circuito elétrico simples e conseguia observar que a mesma sofria alterações na sua posição natural (norte geográfico) quando havia corrente elétrica passando pelo circuito e voltava ao estado normal quando havia ausência de corrente elétrica.

Dois anos depois Faraday começou a pensar na possibilidade de converter magnetismo em eletricidade e, ao decorrer de suas pesquisas, em 1831, conseguiu produzir corrente elétrica ao movimentar um eletroímã dentro de uma bobina (solenóide) (RAMOS, 2019).

Com base nessas informações, pode-se compreender que dentro da história da eletricidade muitos foram os fatores culminantes nas descobertas realizadas pelos mais diversos cientistas e estudiosos da época que instigavam uns aos outros a iniciar, continuar ou melhorar suas teorias, pesquisas e teses, acarretando na evolução da eletricidade que foi se desenvolvendo gradativamente até chegar ao que temos nos dias atuais. Nesse sentido, esse estudo tem por objetivo descrever uma parte da história da geração de energia bem como o princípio de funcionamento do dínamo. Para tanto, realizou-se o método bibliográfico, com pesquisas exploratórias, revisão de artigos, TCC's, revistas do segmento e livros relacionados ao conteúdo.

## **2 REFERENCIAL TEÓRICO**

### **2.1 O que é a indução eletromagnética**

A indução eletromagnética é o fenômeno relacionado ao surgimento de uma corrente elétrica em um condutor dentro de um campo magnético em movimento. Foi descoberto simultaneamente por Michael Faraday, da Inglaterra, e Joseph Henry, dos Estados Unidos. Porém, a descoberta foi atribuída ao Faraday, por ter publicado primeiro e com muito mais detalhes sobre o assunto (CRUZ, 2005).

No ano de 1831, Michael Faraday, havia analisado a possibilidade de conversão do magnetismo em eletricidade, tendo como base um artigo científico do Dinamarquês Hans

Christian Oersted publicado pelo cientista dois anos antes. Este demonstrou, em agosto daquele ano, que enrolando dois pedaços diferentes de fio em volta de um núcleo de ferro, com um dos fios passando perto de uma bússola magnética, quando ligou o outro a uma bateria, a variação resultante da agulha da bússola, como ele escreveu, continuou por somente um instante (CRUZ, 2005).

Em sua segunda experiência, para conseguir uma corrente elétrica de forma contínua, Faraday reconheceu que era preciso ter movimento dentro do campo elétrico, então, ligou um fio fixo no centro de um disco de cobre e, um outro fio em contato ao longo da extremidade. Ligando os fios a uma pilha e colocando o disco no meio de um ímã do tipo ferradura, conseguiu gerar uma corrente elétrica constante, graças ao movimento do disco de cobre ligado a uma manivela. Assim, sendo a primeira apresentação de um dínamo, que foi uma das descobertas com maior impacto na história da humanidade. A partir deste conceito originaram-se quase todas as aplicações tecnológicas da eletricidade, e graças a este fenômeno obtemos a energia elétrica dos dias de hoje (CRUZ, 2005). A Figura 1 é um exemplo do dínamo de Faraday.

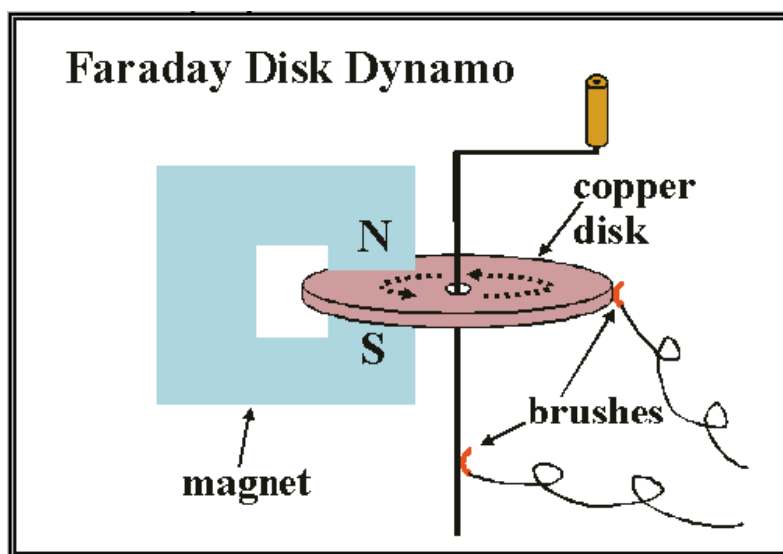


Figura 1- Demonstração do experimento de Faraday resultante do dínamo.  
Autor: Perdiamateria.eng, 2019.

## 2.2 O artigo de Oersted

A relação da eletricidade e do magnetismo já era conhecida desde o século XVIII, pois naquela época já se observava que durante tempestades as bússolas sofriam alterações de

polaridade por ação dos raios. A instituição acadêmica *Royal Society of London* documentou que a influência de raios era capaz de imantar ferro mesmo não atingindo os mesmos. Através do estudo de Franklin, em 1850, foi capaz de interpretar esta relação com a descoberta de que raios eram fenômenos de corrente elétrica (CRUZ, 2005).

Atribui-se ao cientista Hans Christian Oersted, a descoberta da relação entre eletricidade e magnetismo, no início do século XIX, pois ao observar que, quando colocada uma agulha de uma bússola próxima a uma corrente elétrica essa se desviava de sua posição inicial (norte geográfico), suspensa no centro da gravidade em movimento quando está em um campo magnético, este deslocamento se aplica pela formação de um campo magnético em torno de seu condutor o qual percorre uma corrente elétrica (CRUZ, 2005).

Mesmo sendo de grande importância este fenômeno, sua contribuição costuma ser minimizada já que seu trabalho e pesquisa são vistos como um acontecimento casual, de pura sorte, ao aproximar uma bússola a um condutor, qualquer um poderia descobrir a relação do fenômeno e seu estudo aprofundado não foi desenvolvido por Oersted e sim por outros nomes da ciência como André-Marie Ampère, Jean-Baptiste Biot e Félix Savart (CRUZ, 2005).

### 2.3 Dínamo

O dínamo é um pequeno gerador de eletricidade que converte a energia mecânica em energia elétrica através da indução magnética. A palavra dínamo é originária do grego *dynamis* que significa força, é um aparelho que produz muita força para transformá-la em energia (MARTINS, 1986).

O equipamento é formado por um ímã fixo e um eixo móvel, no entorno do eixo encontra-se uma bobina que é constituída por um fio condutor formando um conjunto de espirais, mesmo sendo próximas, não há contato físico entre o ímã e a bobina, como pode ser observado na Figura 2. Sabe-se que a variação do campo magnético gera corrente elétrica. No dínamo é possível observar que o ímã gira com a bobina ao seu redor e é neste movimento que a variação do campo magnético ocorre, formando então uma corrente elétrica em seu interior, mais precisamente no conjunto de espirais. Quando colocado em uma bicicleta a corrente elétrica pode ser utilizada para ligar uma lâmpada. O sistema é o princípio da conservação de energia. O movimento da roda da bicicleta ao girar transforma-se em energia elétrica através da indução magnética. (MARTINS, 1986).

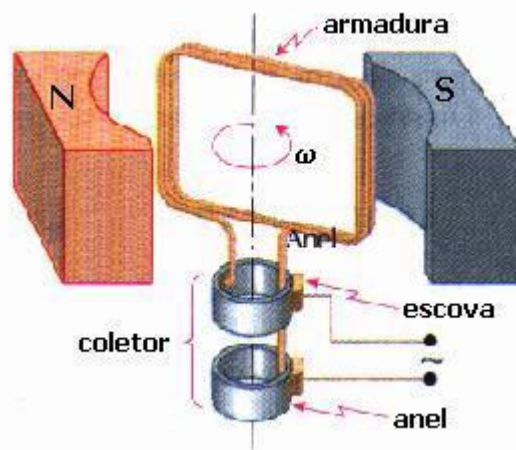


Figura 2 - Demonstração do dínamo.  
Autor: Cepa.if.ups, 2019.

O físico Hans Oersted observou que uma agulha de bússola sofreu um movimento quando era aproximada de um fio condutor. Faraday teve interesse pelo fenômeno e fez algumas experiências observando que o ímã sofria movimento quando aproximado a um circuito elétrico, este fenômeno é chamado de indução eletromagnética. É possível melhor compreensão quando explicado na lei de Lenz, o sentido da corrente induzida gerada é o oposto da variação do campo magnético (MARTINS, 1986).

Em 1836, ocorreu o surgimento de um dos primeiros equipamentos utilizados na época, o físico francês Hippolyte Pixii foi quem fez o primeiro experimento com o dínamo (CRUZ, 2005).

Há dois tipos de dínamo: o de corrente contínua e o de corrente alternada. No dínamo de corrente contínua, há um conjunto onde a corrente contínua segue apenas em um sentido, enquanto no dínamo alternador a corrente é alternada, seguindo nos dois sentidos, porém existe uma diferença entre os comandos. Em uma busca na história pode-se encontrar este fenômeno apenas denominado como alternador, porém analisando a lógica, tem-se somente um gerador de corrente alternada e apenas um gerador de corrente contínua. Assim, é possível compreender que alternadores são diferentes de corrente alternada, pois é a partir da energia de movimento que a corrente alternada é gerada (CRUZ, 2005).

### 2.3.1 Componentes do dínamo

Para ter um bom funcionamento, são necessários diversos componentes para a geração de energia elétrica. Os principais componentes que fazem com que o dínamo funcione são: bobina (trata-se de um fio condutor enrolado a um cilindro, a bobina tem movimento circular no campo magnético, promovendo a origem elétrica), armadura (é a parte móvel do equipamento que protege a bobina, ela produz corrente elétrica de acordo com seu movimento no campo magnético), eixo (esse é o cilindro responsável pela transmissão do movimento de rotação), comutador (é ligado a bobina, seu funcionamento é de forma isolada, elas são responsáveis pelo recebimento e retificam a corrente alternada induzida) e escova (é o condutor pressionado pelo comutador o qual transmite corrente contínua para um circuito externo) (CRUZ, 2005). Os componentes podem ser visualizados na Figura 2.

### 2.3.2 Funcionamento do dínamo

Seu funcionamento é simples e, acontece a partir da variação do campo magnético. O ímã movimenta a bobina ao seu redor, nesse movimento temos a variação no campo magnético, surgindo a partir da bobina uma corrente de energia (CRUZ, 2005), conforme ilustração da Figura 3.

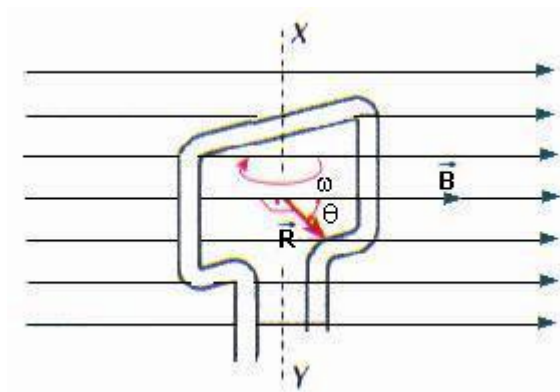


Figura 3 - Demonstração da espira girando em um campo magnético do dínamo.  
Autor: Cepa.if.ups, 2019.

É a partir da corrente contínua que o funcionamento do dínamo acontece, as polaridades do ímã são invertidas em  $180^\circ$  de rotação, em seu interior temos o movimento do fio condutor e do ímã de mesma polaridade, onde estão no mesmo sentido a espiral. A partir do momento que há oscilações e movimento circular dos ímãs, os elétrons do condutor são atraídos pelo campo magnético, assim os elétrons passam para outra parte do fio oferecendo movimento para gerar energia (CRUZ, 2005).



## 2.4 Eletrização, condutores e isolantes

Os condutores são os corpos onde as partículas de carga elétrica negativa conseguem se movimentar sem dificuldade e os isolantes são onde esse fenômeno não acontece. O processo pelo qual um determinado corpo fica eletrizado chama-se eletrização (quando um corpo é carregado de elétrons pode-se dizer que ele é eletrizado negativamente, assim de outro modo, quando o número de elétrons é menor que o de prótons, tem-se um corpo positivamente eletrizado) (ESTEVÃO, 2019).

Existem três processos de eletrização: eletrização por atrito (quando os corpos atritados são de cargas opostas), eletrização por contato (quando os corpos estão com a mesma distribuição de carga elétrica) e eletrização por indução (quando os corpos estão com cargas elétricas opostas, um dos corpos induz a passagem de carga para o outro e este por sua vez estará em contato com a terra ou outra fonte de carga elétrica) (ESTEVÃO, 2019).

## 2.5 Equações básicas da teoria magneto-hidrodinâmica

Na união das equações da Mecânica dos Fluidos com as equações de Maxwell do eletromagnetismo, é proporcionado o entendimento teórico dos fenômenos do plasma conhecido como teoria magneto-hidrodinâmica, constitui em uma teoria da mecânica contínua na qual foi utilizado em 1942 pela primeira vez (ESTEVÃO; RAMOS, 2019).

Sendo tratado como um fluido condutor simples, o plasma tem valor local de densidade, velocidade macroscópica, e temperatura. Isso faz com que o comportamento das várias espécies que o constituem não seja específico, são eles os elétrons, os íons, e as partículas neutras (ESTEVÃO; RAMOS, 2019).

A teoria magneto-hidrodinâmica (MHD) é utilizada para entender os fenômenos de baixa frequência em fluidos condutores quando imersos em campos magnéticos, assim como se considera o plasma, o movimento de um fluido condutor quando imerso em um campo magnético é o estudo preferencial do MHD (ESTEVÃO; RAMOS, 2019).

### 2.5.1 Equação do movimento do fluido ou eletrodinâmica

A hidrodinâmica é a área de estudo dos fenômenos de movimento dos fluidos, sejam eles líquidos ou gasosos. Ela destaca as variáveis que atuam sobre os líquidos como: força, velocidade e aceleração. A hidrodinâmica explica dois princípios: a equação da continuidade e equação de Bernoulli, que são baseados na conservação de massa, energia e movimento dos líquidos. Observa-se que um fluido pode assumir a forma de qualquer recipiente, sua pressão, velocidade, temperatura e densidade assim como sua área e altura, pode influenciar seu escoamento (ESTEVÃO, 2019). Conforme pode ser visto através da equação abaixo:

$$constante = p + dgh + \frac{dv}{2} \quad (01)$$

onde  $p$  é a pressão (energia potencial por unidade de volume);  $dgh$  é a pressão hidrostática (energia potencial gravitacional por unidade de volume) e  $dv/2$  é a pressão dinâmica (energia cinética por unidade de volume).

## 2.6 Equações dos campos eletromagnéticos

Maxwell foi um dos maiores físicos da história, baseou seus estudos na teoria de outros grandes nomes e formulou um conjunto de quatro equações que representa os fenômenos eletromagnéticos (GUSSOW, 2011), são elas:

1º - lei de Gauss para a eletricidade: estabelece a relação entre a carga elétrica e o campo elétrico e pode enunciá-la da seguinte forma: o fluxo do campo elétrico através de uma superfície fechada no vácuo é igual a soma das cargas elétricas de a superfície derivada pela permissividade elétrica do vácuo (GUSSOW, 2011). Conforme pode ser visto através da equação:

$$\Delta \cdot E = \frac{\rho}{\epsilon_0} \quad (02)$$

onde  $\Delta$  é a divergência,  $E$  o campo elétrico,  $\rho$  a densidade de carga e  $\epsilon_0$  a permissividade absoluta.

2º - lei de Gauss para o magnetismo: o fluxo magnético resultante no interior de uma superfície contrária é zero, ou seja, a evidência que as linhas de campo magnético são contínuas, ao contrário das linhas de campo elétrico (GUSSOW, 2011).

3º - lei de Faraday: a variação do fluxo do campo magnético gera um campo elétrico, o qual pode-se estabelecer a relação do campo elétrico e magnético (GUSSOW, 2011). Conforme pode ser visualizado através da equação:

$$\Delta . E = \frac{-\partial B}{\partial t} \quad (03)$$

sendo  $E$  o campo elétrico,  $\Delta$  a ondulação,  $B$  o campo magnético e  $t$  o tempo.

4º - lei de Ampère: uma corrente elétrica de intensidade  $I$  ou a variação de fluxo do campo elétrico pode originar um campo magnético. Essa lei determina o sentido da corrente, uma vez que invertendo o sentido da corrente também invertemos o sentido do campo (GUSSOW, 2011). Conforme pode ser visualizado através da equação:

$$\Delta . E = \frac{-\partial B}{\partial t} \quad (04)$$

sendo  $E$  o campo elétrico,  $\Delta$  a ondulação,  $B$  o campo magnético e  $t$  o tempo.

### 3 METODOLOGIA

#### 3.1 O eletromagnetismo por Maxwell

Em 1905, Albert Einstein publicou dois trabalhos que são considerados suas maiores e importantes contribuições para a teoria da relatividade espacial, mesmo ainda não sendo abordada a expressão teoria da relatividade nos trabalhos de Einstein. O entendimento com o que ele falava era o mesmo assunto que outros autores já abordaram e que foi utilizado por James Clerk Maxwell como ponto de partida para o eletromagnetismo (MARTINS, 2005).

A teoria de Maxwell estudava os fenômenos eletromagnéticos utilizando campos elétricos e magnéticos. O contexto teórico utilizado por Einstein era uma teoria de Maxwell formulada 30 anos antes, mesmo não sendo a única teoria do eletromagnetismo para a época, e talvez a mais estranha para o entendimento dos padrões da Europa Ocidental, foi através da dedicação de Einstein o desenvolvimento da teoria da relatividade com base nos estudos de Maxwell (MARTINS, 2005).

Uma mudança em 1880 influenciou Heinrich Hertz a produzir experimentos e estudar as propriedades de ondas eletromagnéticas em 1887. Após essa importantíssima confirmação da teoria a qual teve seu papel satisfatório para a aceitação da teoria de Maxwell, iniciou-se

uma corrida pela utilização prática destas ondas, neste momento os estudos de Maxwell já não podiam ser ignorados, já era possível a utilização de ondas para a transmissão de mensagens com o telégrafo sem fio (MARTINS, 2005).

### 3.2 A variação de massa dos elétrons

Com as descobertas importantes da teoria da relatividade, uma das consequências foi uma nova dinâmica, a qual a massa dos corpos já não é mais constante e sim uma função de velocidade, a ideia de massa variável surge em 1896, teoria dos trabalhos de J.J Thomson, Oliver Heaviside, George Sarle e outros (MARTINS, 2005).

Em 1897, graças aos trabalhos de J.J Thomson e de Pieter Zeeman, foi possível identificar um componente presente em todo tipo de matéria, um componente sub-atômico, após experimentos de deflexão de elétrons de baixa velocidade, foi possível calcular a razão  $e/m$  entre massa e carga (MARTINS, 2005).

O estudo de deflexão de elétrons exige o uso de dispositivos de alto vácuo, o mais curioso foi que estes dispositivos foram obtidos por William Crookes em 1879, 20 anos antes da descoberta do elétron, sequer existiam condições técnicas para sua utilização em experimentos com raios catódicos (MARTINS, 2005).

Mesmo com a descoberta do elétron os estudos experimentais se desenvolveram, ainda não era possível produzir elétrons de alta velocidade utilizando recursos disponíveis na época, os dispositivos existentes eram capazes de produzir tensões de aproximadamente 25.000 Volts, com uma velocidade dos elétrons de 30% a velocidade da luz. Phillip Lenard mediu  $e/m$  para raios catódicos em 1898, com uma velocidade de até  $c/3$  (MARTINS, 2005).

Pode-se observar que os primeiros experimentos mostram uma variação da massa dos elétrons com a velocidade, foi utilizado raios beta (elétrons de alta energia emitidos por substâncias radioativas), diferente do experimento de Lenard, neste experimento os elétrons tinham velocidade de  $0,8c$  e  $0,9c$ , Walter Kaufmann utilizou a radioatividade e a compressão da natureza dos raios beta para seu experimento, graças aos estudos de Ernest Rutherford em 1899, ele conseguiu identificar a existência de raios alfa e beta com o estudo de absorção pela matéria, e foi Friedrich Giesel que observou que os raios beta podiam ser desviados por campos magnéticos (MARTINS, 2005).

Em 1904, Hendrik Lorentz apresentou a equação correta para a variação da massa com a velocidade, usando o modelo que permitia calcular a relação entre a massa do elétron e a velocidade proposta por Max Abraham em 1902 (MARTINS, 2005).

### **3.3 A sincronização simultânea**

Um aspecto importante para o entendimento da teoria da relatividade é a análise da simultaneidade. A teoria analisa dois acontecimentos que são simultâneos em relação a um referencial, podendo não ser simultâneos em relação a outro referencial (MARTINS, 2005).

Em cada referencial inercial, uma rede de relógios sincronizados com sinais luminosos Einstein analisou como as redes poderiam ser descritas em relação a diferentes referenciais, a sincronização de relógios por sinais com a velocidade da luz e a relatividade da simultaneidade essa técnica já havia sido abordada antes de 1905, por Henri Poincaré (MARTINS, 2005).

A teoria da relatividade teve grande influência por práticas técnicas da época, o sistema de relógios sincronizados com sinais elétricos por exemplo, o sistema funcionava da seguinte maneira, o relógio mestre o qual tinha grande precisão podia emitir periodicamente impulsos elétricos, este por sua vez eram enviados através de fios para um conjunto de relógios em diferentes lugares, chamados de relógios secundários (MARTINS, 2005).

Pode-se observar este tipo de sistema no controle de trens por exemplo, a determinação precisa da longitude geográfica era possível através de sinais telegráficos, quando havia sincronização de relógios de grandes distâncias (MARTINS, 2005).

Os sistemas de redes de relógios elétricos sincronizados foram montados em muitos países da Europa, Henri Poincaré era responsável por este trabalho na França. Já Albert Einstein na Suíça desenvolveu seus primeiros trabalhos sobre relatividade e no escritório onde ele trabalhava havia uma grande e importante rede de relógios sincronizados. O desenvolvimento técnico, o processo de sincronização de relógios por meio de sinais de luz foram ideias incorporadas por Poincaré e Einstein, o qual teve grande contribuição para o entendimento da teoria da relatividade, não se poderia simplesmente falar sobre o assunto sem abordar este acontecimento, mesmo que ele não seja de fato um influenciador para o desenvolvimento da teoria de fato (MARTINS, 2005).

### 3.4 O foco central da teoria da relatividade

A análise principal na teoria da relatividade mostra como as grandezas físicas se transformam entre dois referenciais inerciais com o movimento relativo, foi através da proposta de Maxwell sobre o eletromagnetismo que a teoria da relatividade começou a ser discutida e analisada por outros físicos. Na teoria original se pode observar a existência de um éter onde um conjunto de equações seriam válidos para um referencial sem movimento em relação a esse éter (MARTINS, 2005).

O físico Heinrich Hertz fez a tentativa de resolver o problema analisando que possivelmente cada corpo material possui seu próprio éter. Desta forma as equações de Maxwell poderiam ser aplicadas com um corpo em movimento. A ideia que talvez existisse um éter universal foi abordada por Lorentz, nesse contexto o éter universal não sofria movimento, não seria transportado pelos corpos. Porém, com a certeza que não seria possível encontrar movimentos em relação ao éter, Lorentz buscou estabelecer as transformações de tempo e grandezas eletromagnéticas através das equações de Maxwell em todos os referenciais inerciais. Lorentz obteve êxito nestas condições apenas para casos de pequenas velocidades onde estas eram de primeira ordem  $v/c$  em (1892 e 1895), mais tarde em 1904 ele obteve a teoria exata onde esta poderia ser utilizada para qualquer velocidade inferior a  $c$  (MARTINS, 2005).

Com base em nos estudos de Lorentz outros físicos também estabeleceram trabalhos na mesma direção, Woldemar Voigt, Joseph Larmor, e Henri Poincaré também tinham suas teorias chegando a resultados praticamente idênticos aos de Lorentz, porém somente em 1904 uma teoria eletromagnética coerente com as transformações eletromagnéticas foi apresentada (MARTINS, 2005).

Com o avanço de estudos e descobertas, a busca de transformações das grandezas mecânicas e eletromagnéticas entre dois referenciais em movimento relativo, compatíveis com a teoria da relatividade, já era um acontecimento com resultados sólidos, mesmo que o tema ainda não fosse conhecido e o princípio da relatividade ainda não era aceito no eletromagnetismo as pesquisas estavam na direção adequada para a época (MARTINS, 2005).

### 3.5 Corrente Elétrica

A corrente elétrica nada mais é que o fluxo de elétrons de forma ordenada em um determinado sentido, qualquer movimento de portadores de carga, como partículas subatômicas, íons, os elétrons livres são chamados de elétrons de condução. Pode-se observar a corrente elétrica em duas formas diferentes: a corrente contínua e alternada (ROBINSON, 2019).

### 3.6 Corrente Contínua

A corrente contínua (CC ou em Inglês DC - *direct current*), tem o fluxo de seus elétrons em um único sentido, é sempre positivo ou negativo. A corrente contínua foi substituída pela corrente alternada no final da década de 1880, pois não era economicamente viável a transformação nas altas tensões necessárias para a transmissão em longas distâncias (ROBINSON, 2019). Como é demonstrado na Figura 4.

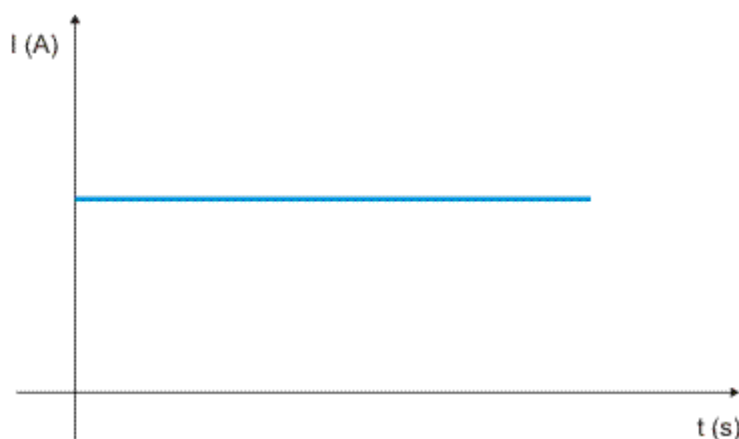


Figura 4 – Forma de onda de uma corrente CC constante  
Fonte: Sofísica (2019).

### 3.7 Corrente Alternada

A corrente alternada de abreviação (AC - *alternating current*) tem o fluxo de seus elétrons de forma em que muda conforme o tempo, deste modo é possível observar que o fluxo parte do ponto zero, obtendo o nível máximo, diminuindo para zero, reverte, atingindo o máximo na direção contrária, retornando ao valor original e repetindo esse ciclo de forma indefinida (ROBINSON, 2019). Como pode ser visto na Figura 5.

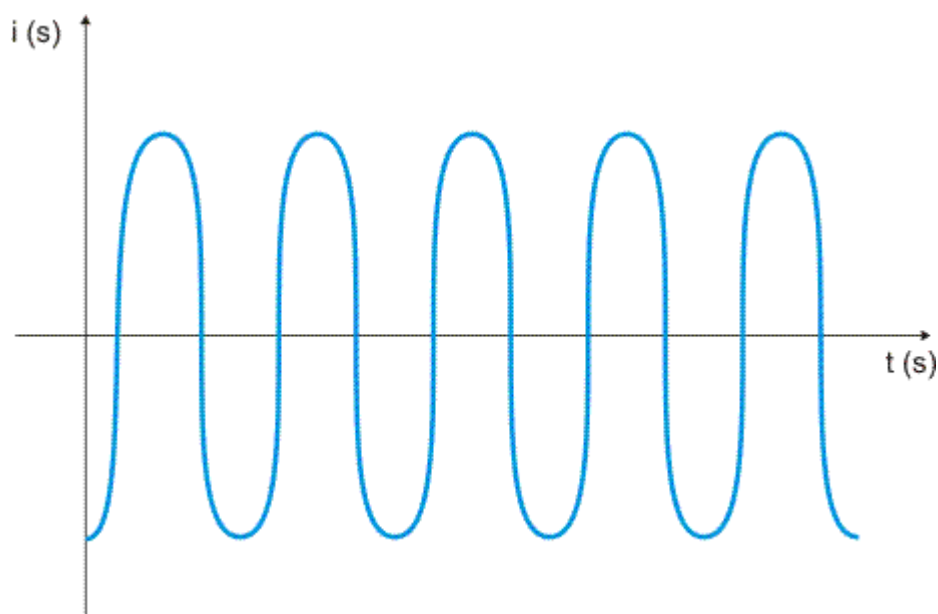


Figura 5 – Forma de onda de uma corrente CC pulsante.  
Fonte: Sofisica, 2019.

O intervalo de tempo em que um fluxo demora para completar dois ciclos sucessivos é chamado de período. O número de períodos por segundo é chamado de frequência. O valor máximo atingido em qualquer direção é a amplitude da corrente alternada. As vantagens de utilização de corrente alternada e não a contínua é o fato de poder transportar energia a grandes distâncias sem perdas significativas, pode-se utilizar a equação da corrente vezes a tensão para calcular a potência transmitida, no entanto a potência perdida é igual a resistência vezes o quadrado da corrente (ROBINSON, 2019).

A mudança de tensão nas redes elétricas no século XIX foi muito difícil. Em decorrência da perda de energia as redes utilizavam baixas tensões desta forma podendo distribuir energia em curtas distâncias. Assim que a transmissão foi substituída de CC para CA passou-se a utilizar tensões muito mais altas e baixas correntes, desse modo podendo utilizar transformadores para mudança de tensão quando necessário (ROBINSON, 2019).

#### 4 ANÁLISE E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

Pode-se observar ao longo da história, que foi necessário muito estudo por muitos anos por diferentes estudiosos, para entender o eletromagnetismo e a eletricidade, e assim desenvolvendo componentes e equipamentos que foram melhorados ou substituídos



s sucessivamente ao longo do tempo até chegarmos ao que possuímos hoje em termos de produção e distribuição de energia elétrica.

A partir dos experimentos de geração de energia através do eletromagnetismo, que iniciou com Michael Faraday e Joseph Henry em 1820. Começou o interesse por outros físicos e inventores tanto da Europa quanto da América do Norte em desenvolver o dínamo. Entre 1880 e 1886 sistemas de corrente alternada se desenvolvem na Europa com a Siemens, Sebastian Ferranti, entre outros. Em 1891, começa a alimentação por corrente alternada trifásica que prova ser o melhor sistema de distribuição de energia elétrica (IMÃ DE NEODIMIO, 2019).

## 5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Na história da ciência houve estudiosos que fizeram avanços no campo da física. Com o passar do tempo os novos cientistas usavam como base as ideias já existentes para criar novas invenções e descobrimentos através de experimentos. Desta forma, foi desenvolvido o dínamo.

Através desse estudo foi possível compreender o funcionamento do dínamo, as propriedades físicas que atuam sobre ele e o fazem funcionar. Foi possível acompanhar algumas das descobertas que levaram à criação dele e as aplicações dele atualmente.

## 6 REFERÊNCIAS

ANJOS, Talita Alves dos. **A História da Eletricidade: A História da eletricidade teve seu início no século VI, quando o filósofo Tales de Mileto descobriu uma resina que, quando atritada com a pele e a lã, atraía outros objetos.** 2019. Disponível em:

<<https://mundoeducacao.bol.uol.com.br/fisica/a-historia-eletricidade.htm>>. Acesso em: 19 out. 2019.

CEPA.IF.USP. **Alternador e Dínamo.** 2019. Disponível em:

<<http://www.cepa.if.usp.br/energia/energia1999/Grupo2B/Hidraulica/alternador.htm>>. Acesso em: 05 nov. 2019.

CRUZ, F. F. de S. **Faraday & Maxwell: Luz sobre os campos.** 1 ed. São Paulo: Odysseus, 2005.

FÍSICA, Só. **Corrente contínua e alternada.** 2019. Disponível em:

<<https://www.sofisica.com.br/conteudos/Eletromagnetismo/Eletrodinamica/caecc.php>>. Acesso em: 20 nov. 2019.

FRANCISCO, Portal São. **História da Eletricidade**. Disponível em: <<https://www.portalsaofrancisco.com.br/fisica/historia-da-eletricidade>>. Acesso em: 16 out. 2019.

FRAZÃO, D. **Alessandro Volta: Físico italiano**. 2019. Disponível em: <[https://www.ebiografia.com/alessandro\\_volta/](https://www.ebiografia.com/alessandro_volta/)>. Acesso em: 17 out. 2019.

GOUVEIA, R. **Indução Eletromagnética**. 2018. Disponível em: <<https://www.todamateria.com.br/inducacao-eletromagnetica/>>. Acesso em: 19 out. 2019.

HEINISCH, C. **1752: Benjamin Franklin inventa o para-raios: No dia 15 de junho de 1752, em meio a uma tempestade, o americano Benjamin Franklin (1706-1790) resolveu provar algumas de suas suposições científicas**. Disponível em: <<https://www.dw.com/pt-br/1752-benjamin-franklin-inventa-o-para-raios/a-314478>>. Acesso em: 16 out. 2019.

IMÃ DE NEODIMIO. **GERADORES E DÍNAMOS: Desenvolvimento e História do componente que tornou a eletricidade comercialmente viável**. Disponível em: <<https://imadeneodimio.com.br/geradores-e-dinamos/>>. Acesso em: 20 nov. 2019.

MATERIA, P.. **Nomes que Fizeram História**. 2019. Disponível em: <<https://www.perdiamateria.eng.br/Nomes/Faraday.htm>>. Acesso em: 16 out. 2019.

MARTINS, R. de A. **Oersted e a descoberta do eletromagnetismo**. Cadernos de História e Filosofia da Ciência. 10 ed: pag 92-114, 1986.

MARTINS, R. de A. **FÍSICA E HISTÓRIA. Ciência e Cultura**, São Paulo, v. 57, n. 3, jul. set. 2005.

MILTON GUSSOW, M.S. **Eletricidade Básica**. 2 ed. Revisada e Ampliada. São Paulo: Pearson Makron Books, 1997.

RAFAEL, P. **Luigi Galvani**. 2014. Disponível em: <<http://www.ufjf.br/fisicaecidadania/ciencia-uma-construcao-humana/mentes-brilantes/luigi-galvani/>>. Acesso em: 20 out. 2019.

ROBINSON, F. N. H. **Electromagnetism: Special theory of relativity. Britannica**. 2019. Disponível em: <<https://www.britannica.com/science/correspondence-principle>>. Acesso em: 20 nov. 2019.

QUEM FOI HANS CHRISTIAN OERSTED?. Disponível em: <<https://museuweg.net/blog/quem-foi-hans-christian-oersted/>> . Acesso: 19 de Outubro de 2019.

TRIMESTRAL. Disponível em: <[http://cienciaecultura.bvs.br/scielo.php?pid=S0009-67252005000300015&script=sci\\_arttext](http://cienciaecultura.bvs.br/scielo.php?pid=S0009-67252005000300015&script=sci_arttext)>. Acesso em: 05 nov. 2019