

INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA  
DO RIO GRANDE DO NORTE

LUANA CAMILA DE MELO DUARTE

**PROPOSTA DE UNIDADE DIDÁTICA PARA O ENSINO DE INDUÇÃO  
ELETROMAGNÉTICA COM ÊNFASE NO FUNCIONAMENTO DA BOBINA DE  
TESLA**

NATAL

2022

LUANA CAMILA DE MELO DUARTE

**PROPOSTA DE UNIDADE DIDÁTICA PARA O ENSINO DE INDUÇÃO  
ELETROMAGNÉTICA COM ÊNFASE NO FUNCIONAMENTO DA BOBINA DE  
TESLA**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Licenciatura em Física do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte, em cumprimento às exigências legais como requisito parcial à obtenção do título de Licenciado em Física.

Orientador: M.e Flávio Urbano da Silva  
Coorientador: Jailson Luiz da Silva

NATAL  
2022

Duarte, Luana Camila de Melo.  
D812p Proposta de unidade didática para o ensino de indução  
eletromagnética com ênfase no funcionamento da bobina de tesla.  
– 2022.  
48 f. : il. color.

Trabalho de Conclusão de Curso (graduação) – Instituto  
Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do  
Norte, Natal, 2022.

Orientador: Prof. M.e Flávio Urbano da Silva.

Coorientador: Jailson Luiz da Silva.

1. Indução eletromagnética – Ensino. 2. Bobina de Tesla –  
Funcionamento e experimento. 3. Ensino de Física – Unidade  
didática. I. Título.

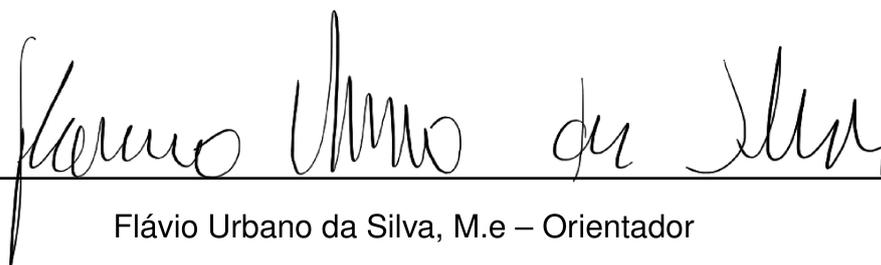
CDU: 537.85

LUANA CAMILA DE MELO DUARTE

**PROPOSTA DE UNIDADE DIDÁTICA PARA O ENSINO DE INDUÇÃO  
ELETROMAGNÉTICA COM ENFASE NO FUNCIONAMENTO DA BOBINA DE  
TESLA**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Licenciatura em Física do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte, em cumprimento às exigências legais como requisito parcial à obtenção do título de Licenciado em Física.

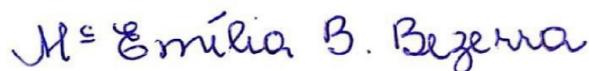
Trabalho de Conclusão de Curso aprovado em 02/09/2022 pela seguinte Banca Examinadora:



---

Flávio Urbano da Silva, M.e – Orientador

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte



---

Maria Emília Barreto Bezerra, M.<sup>a</sup>

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte



---

Tibério Magno de Lima Alves, Dr.

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte

*A minha mãe, Erivânia, por me apoiar e acreditar nos meus sonhos. Aos meus irmãos, Letícia e Davi, minhas razões de viver.*

## **AGRADECIMENTOS**

Aos meus pais e familiares, que sempre dedicaram e me apoiaram nas decisões que tomei.

Ao meu companheiro, que sempre apoiou e me motivou para a conclusão dessa graduação.

Ao FNDE, pelo apoio financeiro com a manutenção da bolsa de auxílio do Programa de Educação Tutorial (PET).

Ao Prof. Dr. Tibério Magno de Lima Alves, pela paciência e tutoria durante todos esses anos que participei do PET.

Ao Prof. M.e Flávio Urbano da Silva, pela excelente orientação e conselhos, serei eternamente grata.

A Jailson Luiz da Silva, por me ajudar a construir meu produto educacional.

A todos os professores do IFRN que foram responsáveis pela minha formação como docente, e em especial ao Prof. Dr. Samuel Rodrigues Gomes Junior e Prof. Dr. Manoel Leonel de Oliveira Neto pelo acolhimento realizado no primeiro período, pelo qual nada disso seria possível.

Aos professores participantes da banca examinadora Prof. Ma. Maria Emília Barreto Bezerra e Prof. Dr. Tibério Magno de Lima Alves pelo tempo, pelas valiosas colaborações e sugestões.

Aos colegas da turma do curso, que fizeram esse curso se tornar possível.

Nossas virtudes e nossas faltas são inseparáveis, como a força e a matéria. Quando elas se separam, o homem não é mais nada (TESLA, 2012).

## RESUMO

O Ensino de Física está envolto a uma aplicabilidade cotidiana e tecnológica, de uma forma que se apresente a facilitar o processo de ensino-aprendizagem. Nesse cenário, o uso de experimentos associado a esse processo desenvolve várias competências em Física. Este trabalho foi desenvolvido com a finalidade de elaborar uma sequência didática para relacionar conceitos referentes à indução eletromagnética com ênfase no funcionamento de uma Bobina de Tesla (reproduzida em uma escala reduzida). A utilização de metodologias práticas em sala de aula tem se tornado indispensável como um instrumento capaz de transformar o ensino em algo mais lúdico. A partir do cenário traçado acima, busca-se necessário responder a seguinte pergunta: De que modo podemos utilizar a experimentação de uma Mini Bobina de Tesla para auxiliar nos estudos sobre indução eletromagnética? A metodologia utilizada para criação da sequência didática se baseia em 2 momentos metodológicos, onde o primeiro seria realizado para sondar o conhecimento prévio dos alunos sobre os assuntos que servirão como base para a sequência da unidade, utilizando simulações no PhET e situações reais que englobem uma contextualização do assunto. Também será apresentado uma introdução histórica dos experimentos de Faraday, que introduziram a disseminação desse conteúdo. O segundo momento foi pensado para mostrar o funcionamento da mini Bobina de Tesla acendendo uma lâmpada a distância e, assim, explicando o que é indução eletromagnética, juntamente enunciando a Lei de Faraday como também a Lei de Lenz. Todos os dois momentos pensados seriam mediados por uma apresentação de slides, apresentados de forma dinâmica. Dessa forma, procura-se utilizar a Mini Bobina de Tesla afim de enriquecer o diálogo entre o educador e o educando, com uma intervenção alternativa de ensino motivadora, que incentive a curiosidade. Logo, proporcionando, assim, a disseminação do conhecimento.

**Palavras-chave:** ensino de física; bobina de tesla; unidade didática.

## ABSTRACT

The teaching of Physics is involved in a daily and technological applicability, in a way that presents itself to facilitate the teaching-learning process. In this scenario, the use of experiments associated with the teaching-learning process develops several competences in Physics. This work was developed with the purpose of elaborating a didactic sequence to relate concepts related to electromagnetic induction with emphasis on the operation of a Tesla Coil (reproduced in a reduced scale). The use of practical methodologies in the classroom has become indispensable as an instrument capable of transforming teaching into something more playful. From the scenario outlined above, it is necessary to answer the following question: How can we use the experimentation of a Mini Tesla Coil to assist in the studies on electromagnetic induction? The methodology used to create the didactic sequence is based on 2 methodological moments, where the first would be carried out to probe the student's prior knowledge about the subjects that will serve as a basis for the sequence of the unit, using simulations in PhET and real situations, which encompass a contextualization of the subject. A historical introduction to Faraday's experiments, which introduced the dissemination of this content, will also be presented. The second moment was designed to show the operation of the mini Tesla Coil lighting a light bulb at a distance and, thus, explaining what electromagnetic induction is, together stating Faraday's Law as well as Lenz's Law. All the two thought moments would be mediated by a slide show, presented dynamically. In this way, we seek to use the Tesla Mini Coil in order to enrich the dialogue between the educator and the student, with an alternative motivating teaching intervention that encourages curiosity. Therefore, providing, thus, the dissemination of knowledge.

**Keywords:** physics teaching; tesla coil; didactic sequence.

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – Campo elétrico de duas partículas. . . . .	17
Figura 2 – Resistor de $22k\Omega$ . . . . .	20
Figura 3 – Um galvanômetro acusando a existência de uma corrente na espira quando o ímã está em movimento em relação à espira. . . . .	22
Figura 4 – Solenoide percorrido por uma corrente elétrica. . . . .	23
Figura 5 – Símbolos dos transistores bipolares NPN e PNP. . . . .	24
Figura 6 – Transistor NPN TIP49 . . . . .	25
Figura 7 – Nikola Tesla (1915) . . . . .	34
Figura 8 – Tesla em seu laboratório (ilustração sem data). . . . .	35
Figura 9 – Materiais utilizados na construção da bobina . . . . .	36
Figura 10 – Esquema do circuito . . . . .	37
Figura 11 – Mini Bobina de Tesla . . . . .	39
Figura 12 – Mini Bobina de Tesla acendendo a lâmpada. . . . .	40
Figura 13 – Mini Bobina de Tesla acendendo a lâmpada. . . . .	41
Figura 14 – Simulador do PhET - "Lei de Faraday" . . . . .	43
Figura 15 – Simulador do PhET - "Laboratório de Eletromagnetismo de Faraday" . . . . .	44

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO</b>	12
1.1	OBJETIVOS	14
<b>1.1.1</b>	<b>Objetivo Geral</b>	14
<b>1.1.2</b>	<b>Objetivos Específicos</b>	14
1.2	ESTRUTURA DO TRABALHO	14
<b>2</b>	<b>REVISÃO TEÓRICA</b>	16
2.1	CARGAS ELÉTRICAS	16
2.2	CAMPO ELÉTRICO	17
2.3	CORRENTES ELÉTRICAS	18
2.4	FORÇA ELETROMOTRIZ	18
2.5	RESISTÊNCIA ELÉTRICA	19
2.6	CAMPO MAGNÉTICO	20
2.7	FLUXO MAGNÉTICO	20
2.8	INDUÇÃO ELETROMAGNÉTICA	21
2.9	LEI DE LENZ	23
2.10	EQUAÇÕES DE MAXWELL	24
2.11	TRANSISTOR	24
<b>3</b>	<b>REFERENCIAL TEÓRICO</b>	26
3.1	EXPERIMENTAÇÃO NO ENSINO DE FÍSICA	26
3.2	ENSINO POR UNIDADE	30
<b>4</b>	<b>MINI BOBINA DE TESLA</b>	33
4.1	QUEM FOI NIKOLA TESLA?	33
4.2	CONSTRUÇÃO DA MINI BOBINA DE TESLA	35
<b>4.2.1</b>	<b>Material Utilizado</b>	36
<b>4.2.2</b>	<b>Procedimento</b>	37
4.3	FUNCIONAMENTO DA MINI BOBINA DE TESLA	39
<b>5</b>	<b>PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS</b>	42
5.1	ENCONTRO 1	42
<b>5.1.1</b>	<b>Objetivos</b>	42
<b>5.1.2</b>	<b>Experimentos de Faraday</b>	43

5.2	ENCONTRO 2 . . . . .	44
5.2.1	<b>Objetivos</b> . . . . .	45
6	<b>CONSIDERAÇÕES FINAIS</b> . . . . .	46
	<b>REFERÊNCIAS</b> . . . . .	47

## 1 INTRODUÇÃO

De acordo com a Base Comum Curricular (Incluída pela Lei nº 13.415, de 2017), os princípios, os modelos e as leis que constituem a Física só alcançam sentido quando são colocadas paralelamente às outras competências exigidas, nas demais áreas do conhecimento, a fim de trazer resolução de problemas cotidianos. Dessa forma, além de introduzir ao aluno o vocabulário próprio da Física, com fórmulas e terminologias adequadas, é preciso uma contextualização social desses conhecimentos. (BRASIL, 2017)

O Ensino de Física está envolto a uma aplicabilidade cotidiana e tecnológica, o que pode facilitar ainda mais o processo de ensino-aprendizagem. A conceituação de indução eletromagnética, por exemplo, é feita de forma abstrata, mas compreende os processos de obtenção de energia elétrica a partir de usinas hidrelétricas, nuclear e eólica. Sendo assim, podemos fazer uso de experimentos para demonstrar quais conceitos físicos estão presentes.

Nesse cenário, o uso de experimentos associado ao processo de ensino-aprendizagem desenvolve várias competências em Física, como, por exemplo, analisar o funcionamento de motores elétricos e bobinas, assegurando a construção de um conhecimento sólido, ancorado na curiosidade do próprio aluno – evitando, deste modo, a obtenção de conhecimento não científico, presente no senso comum.

No ensino médio, as atividades de experimentação têm potencial de enriquecer a associação entre teoria e o dia a dia. Esta é uma percepção que, muitas vezes, não se insere na prática docente de Física da atualidade, por isso, se faz necessário refletir sobre a metodologia utilizada em sala de aula. Quando observamos as aulas expositivas tradicionais que predominam nas instituições, é notório a ocorrência de uma transferência do conteúdo do livro para o caderno do aluno.

Posto isso, a motivação mais importante para a realização desta unidade didática foram as observações, realizadas por mim, das aulas durante os estágios supervisionados e a forma com que os alunos se comportam quando são expostos a certos mecanismos de ensino. Nesse contexto, percebia-se um entusiasmo maior por parte dos estudantes quando o professor utilizava experimentos em sala de aula. Dessa forma, alguns estudiosos como Gonçalves e Galiazzi (2004) e Araújo e Abib (2003),

afirmam que atividades experimentais associada a simulações computacionais conseguem potencializar o ensino e a aprendizagem da Física.

Segundo os trabalhos de Martins (2019), Santos (2017) e Rodrigues (2016) foi observado que pelo fato do conteúdo de indução eletromagnética ser abordado no final do ano letivo surge um apelo maior, dos professores, em utilizar mais resoluções de exercícios juntamente com a formalidade matemática, e acabam por não se preocuparem tanto com a compreensão do conteúdo, por parte do aluno. Dessa forma, os professores minimizam as aplicações de ensino sobre determinados temas afim de não desmotivar mais o aluno, fazendo o mesmo se desinteressar pelo conteúdo. Nesse contexto, a motivação pela escolha do tema estudado tem como essência a aplicação de um experimento de grande apelo a uma metodologia interativa que é a Mini Bobina de Tesla. Este dispositivo que gera uma força eletromotriz induzida a partir da variação do campo magnético, devido ao transistor, seguindo o mesmo princípio dos transformadores, utilizados na Bobina de Tesla.

A partir do cenário acima traçado, busca-se necessário responder a seguinte pergunta: De que modo podemos utilizar a experimentação de uma Mini Bobina de Tesla para auxiliar nos estudos sobre indução eletromagnética?

Com este experimento busca-se demonstrar que a Mini Bobina de Tesla como um artifício auxiliar no aprendizado da indução eletromagnética. Da mesma forma, podemos utilizar outros elementos do experimento como resistor, bateria e as bobinas para expor conceitos como o de campo elétrico e magnético, que envolvem somente a estrutura do circuito da Mini Bobina de Tesla.

Dessa forma, procura-se utilizar a Mini Bobina de Tesla afim de enriquecer o diálogo entre o educador e o educando, proporcionando, assim, a disseminação do conhecimento. Esse momento pode ter uma imensa relevância para a mudança da visão tanto do professor, quanto do aluno com relação ao valor da escola para a sociedade, já que, muitas vezes os educandos não entendem o porquê da incorporação daquele conteúdo no currículo escolar e qual a sua função na coletividade, devido ao formato com que a disciplina é ministrada. (ANDRADE; MAIA, 2008)

A relevância dessa unidade didática está em possibilitar ao professor novas maneiras de expor os assuntos abordados em sala de aula. Neste trabalho procurou-se somente demonstrar as possíveis conjecturas que poderão ser tratadas pelo professor em sala de aula.

## 1.1 OBJETIVOS

Esta seção refere-se aos objetivos que pretende-se atingir com a realização da intervenção pedagógica.

### 1.1.1 Objetivo Geral

Como objetivo geral dessa pesquisa, procurou-se desenvolver uma unidade didática sobre indução eletromagnética, com ênfase no aspecto experimental da mini Bobina de Tesla.

### 1.1.2 Objetivos Específicos

- Utilizar a mini Bobina de Tesla no ensino de Indução Eletromagnética, na tentativa de disseminar o conhecimento com mais eficiência.
- Descrever a importância dos estudos de Tesla para o avanço do Eletromagnetismo;
- Criar uma Unidade didática produzindo interação aluno-professor e aluno-aluno a fim de tornar o aluno um participante ativo no processo de ensino e aprendizagem.

## 1.2 ESTRUTURA DO TRABALHO

Esse trabalho é composto por 6 seções. O produto educacional final é a criação de uma unidade didática que sirva de auxílio na estruturação dos princípios relacionados à indução eletromagnética.

Com este fim, apresenta-se na primeira seção a Introdução, onde é abordado a relevância do uso das atividades experimentais em conjunto com os objetivos propostos para o trabalho.

Na segunda seção, é apresentada uma revisão conceitual com algumas noções básicas sobre eletromagnetismo, como campos elétricos e magnéticos, também como a

indução eletromagnética, assuntos que servem para situar o leitor sobre um panorama geral da Física presente no experimento.

A terceira seção é destinada ao referencial teórico. Aborda-se como o uso da experimentação no Ensino de Física tem mostrado mudanças significativas dentro do panorama geral da educação.

A quarta seção apresenta um pouco da história de Nikola Tesla, criador da Bobina de Tesla. Também será mostrado a montagem da Mini Bobina de Tesla, o seu funcionamento e os materiais utilizados.

A seção 5 é destinado à apresentação da unidade didática. Além disso, serão apresentadas quais intervenções devem ser feitas pelo professor para a construção do conhecimento de forma sólida.

A sexta seção, trata-se das considerações finais com ênfase nas perspectivas utilizações do nosso trabalho.

## 2 REVISÃO TEÓRICA

Quando Tales de Mileto, que viveu em 600 a.C., esfregou um âmbar, uma resina fóssil, com a pele de um animal notou que pequenos pedaços de poeira eram atraídos pelo âmbar. A partir dessas observações foi-se tendo conhecimento sobre a eletricidade, porém a evolução de conceitos acerca desse assunto veio ocorrer muito tempo depois, em meados do século XVII e XVIII.

Após isso, as descobertas da eletricidade foram englobando o uso em pilhas, baterias, lâmpadas e circuitos; mas, somente com as contribuições de Maxwell, que tudo ficou unificado, a parte elétrica com a magnética, surgindo o eletromagnetismo. Os conceitos físicos que explicam o funcionamento da Mini Bobina de Tesla fazem parte do ensino do Eletromagnetismo.

### 2.1 CARGAS ELÉTRICAS

Segundo Halliday, Resnick e Walker (2019), a carga elétrica ( $Q$ ) é uma propriedade intrínseca das partículas elementares. O átomo é composto por três partículas, são elas: os prótons, os elétrons e os nêutrons. Os prótons, com cargas positivas, e os nêutrons, que não possuem cargas elétricas, ficam no núcleo do átomo e os elétrons, com cargas negativas, são mantidos na eletrosfera do átomo. O próton e o elétron são representados pelo símbolo  $e$ , que é a carga elementar que corresponde a  $1,6 \cdot 10^{-19}C$ . Pode-se calcular a carga elétrica pela equação,

$$Q = \pm n \cdot e \quad (1)$$

Onde  $n$  é a quantidade de partículas elementares (prótons ou elétrons) contidas em corpo. Alguns materiais possibilitam maior facilidade para as cargas percorrerem o seu interior como, por exemplo, o cobre, alumínio, prata e outros materiais metálicos. Esses materiais são chamados de condutores. Entretanto, existem alguns materiais que dificultam a migração das cargas elétricas. Esses materiais possuem uma forte ligação entre os elétrons e o núcleo, o que não permite uma movimentação livre de cargas, como, por exemplo, o vidro, a porcelana e a borracha. Quando aplicamos um campo elétrico  $\vec{E}$  muito elevado em materiais isolantes, ele passará a se comportar como um condutor, pois a rigidez dielétrica do material foi rompida. O comportamento

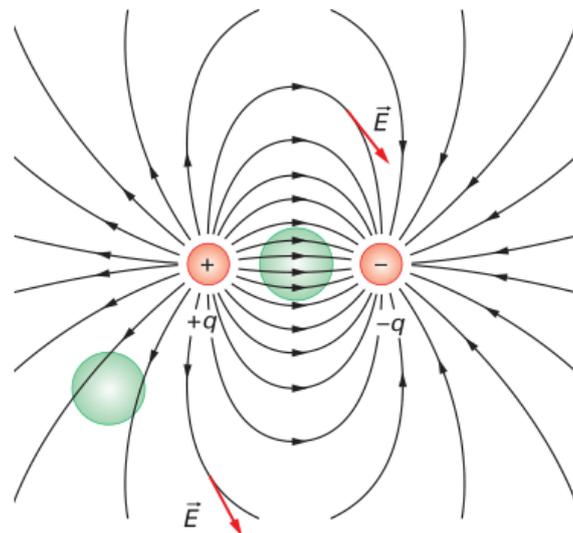
dos condutores e isolantes deve-se à estrutura do átomo. (RAMALHO; FERRARO; TOLEDO, 2009)

## 2.2 CAMPO ELÉTRICO

O campo elétrico  $\vec{E}$  é equivalente a uma distribuição de vetores em cada ponto do espaço que está em torno do objeto eletricamente carregado. Ele desempenha o papel de intermediário para comunicar a força que uma carga ( $Q$ ) exerce sobre uma carga ( $q$ ) de prova. Esse campo existe independentemente de qualquer outra partícula, é algo que um objeto carregado cria no espaço em volta, e pode afetar as partículas ao redor sem ter contato direto. (GASPAR, 2013)

Utilizando o conceito de linhas de força <sup>1</sup>, discutido com mais clareza na seção 2.8, podemos observar, como exemplo, o campo elétrico entre duas partículas de cargas de sinais opostos e com o mesmo valor na figura 1

Figura 1 – Campo elétrico de duas partículas.



Fonte: Gaspar (2013)

Dessa forma, o campo elétrico ( $\vec{E}$ ) pode ser definido pela força eletrostática ( $\vec{F}$ ) que age sobre a carga ( $q$ ),

$$E = \frac{\vec{F}}{q} \quad (2)$$

No Sistema Internacional de Unidades (SI), o campo elétrico é expresso por  $N/C$ .

<sup>1</sup> Linhas que permitem visualizar o campo elétrico, assim como qualquer campo vetorial. (GASPAR, 2013, p.38)

### 2.3 CORRENTES ELÉTRICAS

Corrente elétrica é todo e qualquer movimento de partículas carregadas de uma região para outra. Segundo Alonso e Finn (1972), para que se possa produzir uma corrente elétrica, é preciso aplicar um campo elétrico ( $\vec{E}$ ) a fim de mover as partículas carregadas. A corrente elétrica é definida por,

$$I = \frac{\Delta Q}{\Delta t} \quad (3)$$

Então, quanto maior a quantidade de carga  $\Delta Q$  que percorrer o condutor no intervalo de tempo  $\Delta t$ , mais intensa será a corrente de elétrica. Segundo Halliday, Resnick e Walker (2019, p. 139) "Para que uma superfície seja atravessada por uma corrente elétrica, é preciso que haja um fluxo líquido de cargas através da superfície."

Sua unidade no SI é expressa por Coulomb por segundo, a unidade chamada Ampère, abreviado em *A*, em homenagem a André-Marie Ampère<sup>2</sup> (1775-1836). A equação (3) define a quantidade de carga passando através de um material condutor por segundo. Para que haja uma corrente elétrica em um circuito é fundamental a presença de uma fonte para manter as partículas carregadas em movimento. (HALLIDAY; RESNICK; WALKER, 2019).

A corrente elétrica pode ser de dois tipos: corrente contínua (CC) e a corrente alternada (CA). A corrente contínua é uma corrente onde o fluxo de elétrons é constante em um sentido, ou seja, a tensão e a corrente não variam com o tempo. Exemplos desses tipos de corrente são encontradas em dispositivos que tem dois polos, um positivo e o outro negativo; as pilhas, as baterias de automóveis e os dínamos.

Por sua vez a corrente alternada tem o seu sentido alterado ao longo do tempo. É uma corrente que varia senoidalmente com o tempo, essa corrente é usada em ambientes domésticos para fazer funcionar o ar-condicionado, geladeiras, entre outros.

### 2.4 FORÇA ELETROMOTRIZ

Quando uma corrente flui de um potencial mais baixo para um mais alto, temos a presença da força eletromotriz (fem). A fem é uma grandeza com dimensão de energia

<sup>2</sup> Físico e importante cientista francês que fez significativas contribuições para o estudo do eletromagnetismo

por unidade de carga, como o potencial, não sendo considerada uma força. Sua unidade no SI é o volt ( $V$ ). Para indicar a fem usamos o símbolo  $\epsilon$ . (RAMALHO; FERRARO; TOLEDO, 2009)

Pilhas e baterias são exemplos de fonte de fem, ou seja, são dispositivos que fornecem uma fem. Esses dispositivos convertem algum tipo de energia, mecânica, por exemplo, em energia potencial elétrica e transmite essa energia para o circuito. É definido, quantitativamente, a fem como o módulo da diferença de potencial entre os terminais,

$$V_{ab} = \epsilon \quad (4)$$

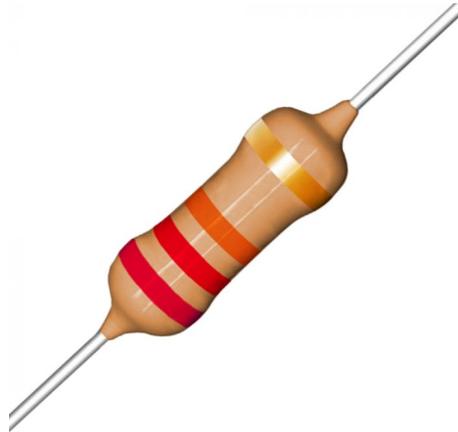
## 2.5 RESISTÊNCIA ELÉTRICA

Ao gerar uma corrente elétrica ( $I$ ) em um material condutor, por meio de uma fonte, e aplicar em outros materiais condutores a mesma diferença de potencial, será notável que a corrente terá diferentes valores e isso se dá devido a característica do material que está recebendo uma tensão  $V$ . Essa característica é diferente para cada material e se deve a resistência elétrica ( $R$ ), que é expressa pela equação,

$$R = \frac{V}{i} \quad (5)$$

Resistores são os componentes elétricos que limitam a intensidade da corrente elétrica, como exemplo temos o resistor de  $22k\Omega$  na figura (2). A resistência elétrica tem como unidade no SI a razão volt/ampère e recebe o nome de ohm ( $\Omega$ ) em homenagem a Georg Simon Ohm <sup>3</sup>. (GASPAR, 2013)

<sup>3</sup> (1789-1854), físico e matemático alemão

Figura 2 – Resistor de  $22k\Omega$ 

Fonte: Curto...<sup>4</sup>

## 2.6 CAMPO MAGNÉTICO

De acordo com Alonso e Finn (1972), o campo magnético ( $\vec{B}$ ) teve seus primeiros registros feitos há pelo menos cerca de 2500 anos, por uma pedra que tinha a propriedade de atrair metais, essa pedra, chamada magnetita, é formada basicamente por ferro cuja fórmula é  $Fe_3O_4$ . O campo magnético é gerado a partir do momento que exerce uma força magnética ( $\vec{F}_B$ ) sobre qualquer outra carga ( $q$ ) que se mova no interior do campo com uma velocidade ( $v$ ). Nesse sentido, o campo magnético é dado em função de,

$$\vec{B} = \frac{\vec{F}_B}{|q|v} \quad (6)$$

A unidade do campo magnético, no Sistema Internacional, é o Ampère por metro ( $A/m$ ) ou o Tesla ( $T$ ).

## 2.7 FLUXO MAGNÉTICO

Definimos o fluxo magnético ( $\phi_B$ ) como uma medida do campo magnético que percorre uma área específica. O fluxo magnético é uma grandeza escalar, quando  $\vec{B}$

<sup>4</sup> Circuito Componentes Eletrônicos Ltda Me. Disponível em: <https://www.curtocircuito.com.br/resistor-22k-1-4w-5.html>. Acesso: 05 de set. 2022.

for uniforme sobre uma superfície, é expresso por,

$$\phi_B = BA\cos\theta \quad (7)$$

Se analisarmos, o fluxo magnético total através de uma superfície é possível notar que é a soma das contribuições dos elementos de área individuais, ou seja,

$$\phi_B = \int \vec{B} \cdot d\vec{A} \quad (8)$$

Quando consideramos uma superfície fechada concluímos que  $\phi_B = 0$ , e sempre será zero, pois não temos evidências que corroborem a existência de cargas magnéticas. Simbolicamente temos que a integral sobre uma superfície fechada é dada por,

$$\oint \vec{B} \cdot d\vec{A} = 0 \quad (9)$$

Essa equação também é conhecida como a lei de Gauss do magnetismo. A unidade no SI de fluxo magnético é o weber ( $Wb$ ), em homenagem ao físico alemão Wilhelm Eduard Weber<sup>5</sup> (1804-1891). (GASPAR, 2013)

## 2.8 INDUÇÃO ELETROMAGNÉTICA

A indução eletromagnética pode ser gerada quando há movimentos de ímãs em um circuito elétrico. O fenômeno da indução elétrica foi descoberto por Michael Faraday<sup>6</sup> em 1831. O experimento pode ser visto da seguinte maneira, figura (3), se usarmos uma bobina e um ímã: quando conectamos uma bobina em um galvanômetro. O movimento do ímã, aproximando e afastando da bobina faz surgir uma corrente na espira. Ou seja, o fluxo magnético produzido pela bobina, gera um campo magnético variável, e o galvanômetro acusa uma corrente no circuito. Essa corrente é chamada de corrente induzida, e a fem que seria necessária para produzi-la é denominada de fem induzida. (FARADAY, 1831)

<sup>5</sup> Físico alemão, um dos inventores do primeiro telégrafo eletromagnético.

<sup>6</sup> (1791-1867) - Físico britânico, principal responsável pela descoberta da indução eletromagnética

Figura 3 – Um galvanômetro acusando a existência de uma corrente na espira quando o ímã está em movimento em relação à espira.



Fonte: Halliday, Resnick e Walker (2019)

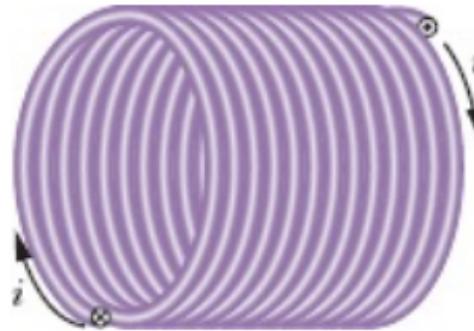
Logo Faraday resumiu os seus resultados na chamada Lei de Faraday da indução, que é expressa na seguinte equação:

$$\epsilon = -\frac{d\phi_B}{dt} \quad (10)$$

Dessa forma, o movimento do ímã que tem um campo elétrico, variando em uma bobina, gera corrente elétrica. E foi isso que Faraday descobriu, ele percebeu que quando o campo magnético é variável, poderá ser induzido uma força eletromotriz e corrente elétrica. Foi através desta lei que surgiu o conceito de linhas de forças, como visto na figura (1) o que hoje conhecemos por fluxo magnético ( $\phi_B$ ); essas linhas indicam para nós de forma visual a intensidade da força em determinada região. (ALONSO; FINN, 1972)

Um campo magnético pode ser gerado por um indutor, um exemplo simples de um indutor é o solenoide, figura (4), onde as espiras conduzem uma corrente  $i$  e esta corrente gera um fluxo magnético na região central do indutor.

Figura 4 – Solenoide percorrido por uma corrente elétrica.



Fonte: Halliday, Resnick e Walker (2019)

Na prática, para aumentar a força eletromotriz do sistema pode se colocar um número máximo de espiras possíveis. A corrente induzida em uma espira segue um sentido onde o campo magnético produzido pela corrente se opõe ao campo magnético que induz a corrente, esse conceito é conhecido como lei de Lenz, que determina o sentido de uma corrente em uma espira. Em outras palavras, o sentido da fem induzida tem sentido combinado com a corrente induzida, sendo a ideia da lei de Lenz, a oposição da corrente.

## 2.9 LEI DE LENZ

Após a descoberta de Faraday sobre a Lei da Indução, Heinrich Friedrich Lenz<sup>7</sup> propôs uma norma que determinou o sentido da corrente induzida na espira, essa regra ficou conhecida com Lei de Lenz, seu enunciado diz o seguinte,

A corrente induzida em uma espira tem um sentido tal que o campo magnético produzido pela corrente se opõe à variação do fluxo magnético que induz a corrente. (HALLIDAY; RESNICK; WALKER, 2019, p. 262)

Dessa forma, se mostrou que a essa lei nos mostra a ideia de oposição, seja do movimento do ímã ou da variação do fluxo magnético.

<sup>7</sup> (1804-1865) - Físico e químico estoniano com etnia alemã

## 2.10 EQUAÇÕES DE MAXWELL

Maxwell formulou matematicamente as teorias do eletromagnetismo, tendo como base o conjunto das 4 equações que descrevem como o campo elétrico e o campo magnético se relacionam, assim como mostra a variação da função do tempo e a posição no espaço.

Tabela 1 – Equações de Maxwell na forma integral

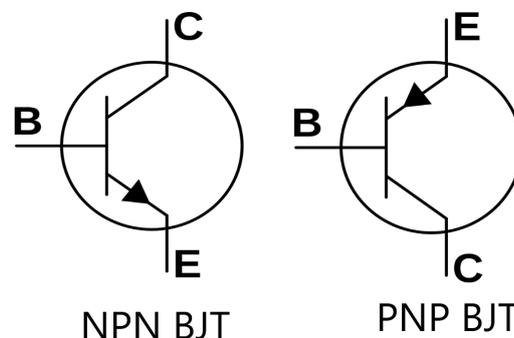
Lei de Gauss para o magnetismo	$\oint \vec{B} \cdot d\vec{A} = 0$
Lei de Gauss para a eletricidade	$\oint \vec{E} \cdot d\vec{A} = \frac{q_{enc}}{\epsilon_0}$
Lei de Faraday	$\oint \vec{E} \cdot d\vec{s} = -\frac{d\phi_B}{dt}$
Lei de Ampère-Maxwell	$\oint \vec{B} \cdot d\vec{s} = \mu_0\epsilon_0 \frac{d\phi_E}{dt} + \mu_0 i_{enc}$

Fonte: Halliday, Resnick e Walker (2019)

## 2.11 TRANSISTOR

O transistor é um dispositivo que possui três terminais aptos a controlar a passagem de uma corrente quando posto em um circuito. Podem ser de dois tipos: PNP ou NPN. Essa configuração depende das junções de PN, das quais uma atua no sentido da condução da corrente e outra no bloqueio. A simbologia utilizada para este dispositivo é mostrada nas figuras a seguir,

Figura 5 – Símbolos dos transistores bipolares NPN e PNP.



Fonte: Osbert Joel (2022) <sup>8</sup>

<sup>8</sup> CC-BY-SA-4.0. Disponível em: [https://commons.wikimedia.org/wiki/File:NPN\\_AND\\_PNP\\_BJT\\_SYM\\_BOLS.png](https://commons.wikimedia.org/wiki/File:NPN_AND_PNP_BJT_SYM_BOLS.png). Acesso em: 05 set 2022

Além dos símbolos, a figura (5) mostra a notação utilizada para identificar os terminais do transistor, onde B é a base, C é o coletor e E o emissor. A figura (6), mostra um exemplo de transistor.

Figura 6 – Transistor NPN  
TIP49



Fonte: Mercado Livre (2022) <sup>9</sup>

Quando há corrente elétrica circulando no circuito, a base controla a passagem dessa corrente. A base é o caminho que liga a corrente do coletor para o emissor. O coletor é a parte em que a corrente "entra". Já o emissor é por onde sai a corrente elétrica que foi controlada. (ARNOLD; BRANDT, 1975)

<sup>9</sup> Disponível em: [https://produto.mercadolivre.com.br/MLB-1608266257-transistor-npn-tip49-10-pecas-tip-49-ip49-p49-49-\\_JM](https://produto.mercadolivre.com.br/MLB-1608266257-transistor-npn-tip49-10-pecas-tip-49-ip49-p49-49-_JM). Acesso em: 05 de set 2022

### 3 REFERENCIAL TEÓRICO

Sabemos que o entendimento da Ciência de uma maneira geral compreende um aspecto fundamental para uma formação cidadã digna, junto a isso o Ensino de Física, em especial, compõe muitos saberes importantes que constituem, de certa forma, o indivíduo e o mundo que o cerca, desde o porquê ficamos presos ao chão ao como ficamos flutuando, nem que seja um pouco, na lua.

Nesse cenário, o Ensino de Ciências da Natureza que é previsto pela Base Comum Curricular (BNCC), incluída pela Lei nº 13.415, de 2017, não destaca apenas o aprendizado conceitual e sim processos e práticas de investigação para garantir uma aprendizagem mais ampla. Dessa maneira, os alunos precisam refletir sobre os saberes, como leis, teorias e modelos, aplicando-os na resolução de problemas reais, ou seja, conhecer todos os limites daquela situação e conseguir refletir ao máximo dentro disso. (BRASIL, 2017)

Na BNCC, é sugerido que o ensino seja permeado por uma contextualização histórica, política e social da ciência, para que, durante a formação, o aluno seja capaz de realizar suas próprias análises. Essa contextualização tem como base a aplicabilidade das temáticas que serão abordadas fugindo assim da exemplificação que muitos professores realizam em sala de aula onde há falta de elementos importantes para a história da ciência. Uma forma para que esse aluno possa entender as finalidades dos assuntos abordados seria pelo uso de experimentos em sala de aula. Desde o início do século XX, o uso de atividades experimentais tem sido mostrado por professores e alunos como uma das maneiras mais favoráveis para minimizar as dificuldades em aprender Física de modo relevante. (BRASIL, 2017)

#### 3.1 EXPERIMENTAÇÃO NO ENSINO DE FÍSICA

A utilização de experimentos em sala de aula vai além de uma mera apresentação dos cientistas e seus feitos, ela percorre todo o caráter político e social que aquela atividade experimental, por mais singular que seja, teve que ser criada e o porquê ele precisou ser criada, ou porque muitas ideias tiveram que ser deixadas de lado e substituídas por outras, ou porque grandes gênios da ciência foram esquecidos dentro

de quartos de hotéis mofados. Um outro ponto positivo para essa abordagem seria poder compreender e mostrar como os grandes cientistas uma vez pensaram e formularam as suas teorias. Esse exercício é capaz de assegurar uma reflexão crítica sobre a prática da ciência na nossa sociedade moderna, visto que o estudante é capaz de perceber que a ciência, de modo geral, se encontra no mundo que habita, assim fugindo do senso comum.

Dessa forma, o uso de atividades experimentais surge de confronto com o Ensino de Ciências da Natureza, em especial o Ensino de Física, empregado nas salas de aula tradicionais, uma vez que se restringiram as aulas expositivas com diálogo voltado para o professor, com auxílio do livro-texto e resoluções até a exaustão de exercícios, que mal se assemelham com problemas reais da sociedade, assim, é possível notar que o ato de ensinar criou uma especificidade definida de transmitir de, forma metódica, os conhecimentos científicos construídos com o desenrolar da história. De acordo com a BNCC,

A dimensão investigativa das ciências da natureza deve ser enfatizada no ensino médio, aproximando os estudantes dos procedimentos e instrumentos de investigação, tais como: identificar problemas, formular questões, identificar informações ou variáveis relevantes, propor e testar hipóteses, elaborar argumentos e explicações, escolher e utilizar instrumentos de medida, planejar e realizar atividades experimentais e pesquisas de campo, relatar, avaliar e comunicar conclusões e desenvolver ações de intervenção, a partir da análise de dados e informações sobre as temáticas da área. (BRASIL, 2017, p. 550)

Ao que se ver a experimentação é sempre difundida como um modo para comprovar teorias estabelecidas no meio científico, em que é mantido uma neutralidade no ensino, uma visão tradicional da educação sobre as atividades experimentais. Ou seja, quando um professor já tem uma visão formada sobre o Ensino de Ciências, no geral, os meios que ele utiliza para poder provar tal teoria favorece a sua visão sobre aquele assunto, o aluno não consegue construir sua própria visão sobre o assunto, se tornando um agente neutro em todo o processo de ensino e aprendizagem. (GONÇALVES; GALIAZZI, 2004)

Assim, para as atividades experimentais reverterem em efeitos positivos é preciso desenvolver um ensino que seja mais direcionado para a participação plena dos sujeitos, promovendo o protagonismo do estudante, e só assim, garantir a interferência nos grupos sociais que se encontram, assegurando o estímulo da curiosidade e a criatividade nas soluções de problemas reais. Esse agente ativo também aprende,

indiretamente, sobre o rigor científico na obtenção de resultados, tal que é somente visto quando estamos utilizando o método científico.

Conforme Araújo e Abib (2003), as atividades experimentais têm uma variedade significativa de possibilidades desde verificar leis e teorias à reflexão sobre certos fenômenos,

A característica mais marcante dessas atividades é a possibilidade de ilustrar alguns aspectos dos fenômenos físicos abordados, tornando-os de alguma forma perceptíveis e com possibilidade de propiciar aos estudantes a elaboração de representações referenciais. (ARAÚJO; ABIB, 2003, p. 181)

Desse modo, é visto que essas atividades apresentam uma maior acessibilidade para reflexões, discussões e levantamento de hipóteses que de certa forma, permitem um estudo mais aprofundado nos aspectos conceituais e práticos relacionados aos temas abordados.

Segundo Canalle e Moura (1998 apud ARAÚJO; ABIB, 2003, p. 181), a assimilação de conceitos e fenômenos físicos através de experimentos tende a tornar a Física como um todo menos abstrata e mais interessante. Dessa forma, possibilita a compreensão de outros equipamentos que estão presentes no cotidiano do aluno, de forma a poder observar os fenômenos que o cercam. Essa metodologia utilizada tem o poder de violar o senso comum promovendo a capacidade do estudante de poder entender o funcionamento dos equipamentos em questão.

Nesse contexto, a disciplina de Eletromagnetismo torna-se bastante complicada para ser ministrada no Ensino Médio, pois dispõe de muita coisa teórica para ser entendida, como forças magnéticas, linhas de campos elétricos e magnéticos, a Lei de Lenz, Lei de Faraday, entre muitos outros assuntos. Para esse fim, iremos utilizar a construção de um experimento afim de poder elucidar melhor esses conteúdos que são tidos como hediondos pelos alunos. (BARRETO, 2014)

Também podemos perceber a importância do uso de experimentos como aspecto de formação complementar para os docentes, já que muitos não tiveram uma educação ampla durante a licenciatura, e dessa forma permite uma prática em sala de aula mais segura e eficaz. Outro aspecto que é salientado pelos professores, seria a utilização dessas atividades com a possibilidade de fomentar a geração de “jovens cientistas”, rompendo o estereótipo de cientista em um laboratório cheio de máquinas e

equipamentos, em virtude de essa não ser a realidade do ensino brasileiro. Vale acen-  
tuar que não se é descartado a relevância de infraestrutura e condições adequadas  
para o ensino experimental, mas não é um fator primordial, sendo assim podendo ser  
realizado pelos professores, só é preciso de um pouco mais de adaptação. (GONÇAL-  
VES; GALIAZZI, 2004; ANDRADE; MAIA, 2008)

Em conformidade com a BNCC, Gonçalves e Galiazzi (2004) descrevem três ca-  
racterísticas importantes que contribuem para o ensino de qualidade quando mediado  
por atividades experimentais. A primeira seria uma contextualização do conteúdo, re-  
sumidamente, seria conduzir ao debate aspectos culturais, econômicos, políticos e  
sociais relacionados ao tema. Já a segunda característica, seria o questionamento,  
ou seja, a construção e validação de argumentos. Essa característica torna-se impor-  
tante quando o objetivo das atividades experimentais como um todo visam o despertar  
do pensamento crítico por parte do aluno. Dessa forma, os autores vêem esse ques-  
tionamento como forma de problematizar o conhecimento dos alunos referente ao  
conteúdo, para isso recomendam a propagação de algum material escrito que facilite  
a explicação para o aluno e que o ajude a desenvolver seus argumentos.

Todos os questionamentos levantados durante os dois momentos servem para en-  
tender as previsões que os alunos fazem acerca do assunto, e assim revelar ao pro-  
fessor o conhecimento que o aluno tem. No último momento, a atividade experimental  
estaria disposta a ser comunicada a todos da turma, nessa parte da comunicação os  
alunos escrevem e falam sobre os resultados que cada um, ou cada grupo, consegui-  
ram observar sobre o experimento. Esse momento, é o mais importante visto que o  
aluno consegue, de uma forma mais definitiva, sintetizar os conteúdos aprendidos em  
sala de aula, construindo assim um conhecimento científico mais solidificado. (GON-  
ÇALVES; GALIAZZI, 2004)

Além dos pontos traçados até este momento, quando se trata da adição de no-  
vas tecnologias o uso de computadores e simuladores também é uma ferramenta que  
tende a enfatizar a nossa demonstração sobre qualquer fenômeno, e dessa forma fa-  
vorecer a construção do conhecimento dos alunos. Nesse trabalho utilizaremos como  
um auxílio o simulador PhET (Physics Education Technology), da Universidade do Co-  
lorado Boulder criado em 2002 e que conta com simulações de Ciências e Matemática.  
(YAMAMOTO; BARBETA, 2001 apud ARAÚJO; ABIB, 2003, p. 182)

No âmbito do desenvolvimento de habilidades para relações sociais, as ativida-

des experimentais em sala de aula possibilitam o desenvolvimento de atividades em equipes, técnica de suma importância para uma convivência social plena. Como falam Gonçalves e Galiazzi (2004),

O trabalho em grupo pode favorecer uma aprendizagem tão necessária, que é a capacidade de conviver e produzir em conjunto com os outros. (GONÇALVES; GALIAZZI, 2004, p. 248)

Muitas vezes com o avanço da tecnologia nos dias de hoje, os alunos tendem a ter uma exclusão social nata e não permitem a aproximação entre os demais colegas, dessa forma as atividades em grupo tendem a ter essa qualidade que ajuda nos aspectos de desenvolvimento de habilidades socioculturais.

### 3.2 ENSINO POR UNIDADE

Aliado a todos os aspectos educacionais citados anteriormente, iremos construir uma Unidade Didática para o ensino de Indução Eletromagnética, com o objetivo de exceder as práticas educativas que abordam o ensino sistematizado. A proposta de ensino por unidade foi desenvolvida por Henry Clay Morrison (1857-1942), em 1926. O chamado Plano Morrison reorganizou a abordagem dos conhecimentos e habilidades, pelo professor, visando uma aprendizagem mais qualitativa. Nessa nova abordagem, o estudante é um sujeito ativo diante do processo de aprendizagem. (DAMIS, 2006)

Segundo Damis (2006), a ideia principal que rege a unidade didática é a integração, de pensamentos e conteúdo, entre a organização, da matéria de ensino, e a aprendizagem do alunos. Esse Ensino por Unidade consiste em 5 momentos, são eles:

- exploração, nesse momento, o professor irá sondar o conhecimento prévio do aluno sobre temas que são exigidos para a compreensão do novo conteúdo.
- apresentação, onde haverá uma exposição feita pelo professor, apresentando o conteúdo geral da unidade, destacando a relevância do estudo.
- assimilação, o aluno desenvolve a sua aprendizagem por meio de estudo pessoal, momento em que acontece o aperfeiçoamento da sua capacidade crítica.

- organização, nesse momento ocorre a sistematização do novo conteúdo que estava em conflito com as ideias anteriores.
- exposição, aqui acontece o aprofundamento dos estudos feitos pelos alunos para poder assim melhorar a expressão oral e escrita deles.

Muitos aspectos devem ser levados em consideração quando trata-se do planejamento de uma unidade didática. De modo geral, Damis (2006) destaca os pontos principais a serem vistos com atenção pelo professor, são eles: valorização dos conhecimentos prévios, definição dos objetivos didáticos, estruturação dos conteúdos, decisões metodológicas, duração e avaliação da aprendizagem. No final da Unidade, espera-se que o aluno seja capaz de ocupar papel ativo para investigar e analisar problemas pertinentes de ordem social, onde

A partir desse momento, já não é mais possível pensar a educação (...) sem considerar abordagens críticas em relação ao papel político e ideológico desempenhado pelo professor, quando ensina. (DAMIS, 2006, p. 134)

Com isso, espera-se criar uma unidade didática utilizando atividades experimentais para compreender a indução eletromagnética. As atividades que pregam o uso da indução eletromagnética são geralmente para observar o surgimento de uma força eletromotriz, a fim de tornar possível a entendimento desse fenômeno por completo. Neste trabalho, a experimentação dispõe de uma atribuição primordial, pois a partir da montagem e funcionamento da Bobina de Tesla, reproduzida em escala menor, que os alunos irão possuir o entendimento necessário sobre indução eletromagnética, utilizando a orientação por parte do professor. Segundo, Laburú e Arruda (2004),

A bobina de Tesla nos dá a oportunidade de visualizar certos efeitos elétricos interessantes, em virtude de ampliá-los e simulá-los, estimulando, de certo modo, a curiosidade pelo estudo em pauta. (LABURÚ; ARRUDA, 2004, p. 217)

A motivação mais relevante para a realização desta unidade didática se deu pela análise realizada baseada nos trabalhos de Santos (2017), Rodrigues (2016) e Martins (2019) em que é evidenciado essa falta de preocupação com a abrangência do conteúdo de indução eletromagnética, uma vez que no ensino médio é sempre salientado o rigor matemático com conceituações abstratas, o que acaba por limitar a compreensão do aluno sobre o tema. Para esse fim, espera-se que a junção entre os aspectos experimentais e a unidade didática fomentem uma educação que esteja

voltada a protagonizar o aluno e fazê-lo refletir sobre suas práticas, observando todo o aspecto científico presente.

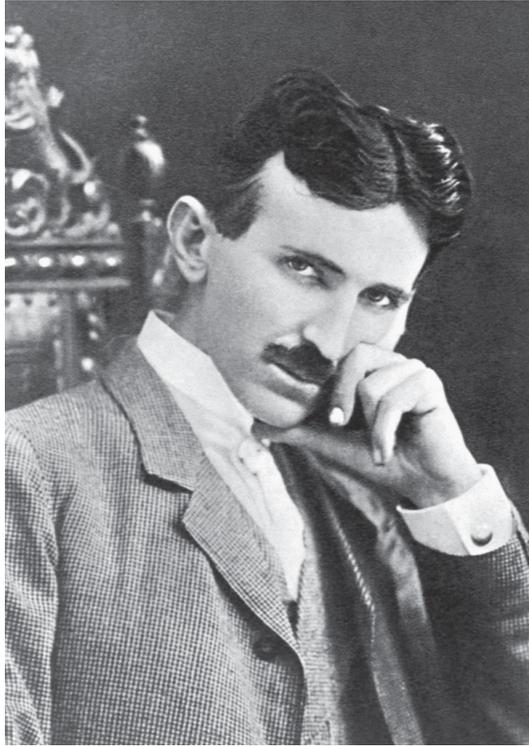
## 4 MINI BOBINA DE TESLA

Para a elaboração do produto educacional foi utilizado como inspiração o material didático de Pereira (2020) elaborado com intuito de desenvolver uma abordagem mais prática do eletromagnetismo no ensino médio. O estímulo para a criação do modelo da Mini Bobina de Tesla veio de uma atividade do Programa de Educação Tutorial (PET), no qual a autora participou como bolsista, em que o objetivo era desenvolver uma atividade experimental que pudesse ser utilizada em sala de aula pelo professor. Com esse objetivo foi aprofundado um estudo sobre aspectos da vida de Nikola Tesla, físico responsável pela criação do experimento que leva seu nome, assim como a construção do produto educacional proposto.

### 4.1 QUEM FOI NIKOLA TESLA?

Segundo a sua autobiografia, Nikola Tesla nasceu na atual Croácia (na época, parte da Áustria-Hungria), em 10 de julho de 1856. Ele obteve seu Ensino Superior em Engenharia Elétrica no Instituto Politécnico de Graz, na Áustria. Em 1884, foi morar com Thomas Edison nos Estados Unidos, antes de se tornarem rivais, já que Edison defendia a corrente contínua. Em meados de 1888, inventou o motor de indução de corrente alternada tornando, assim, viável a transmissão e a distribuição universais de eletricidade. (TESLA, 2012)

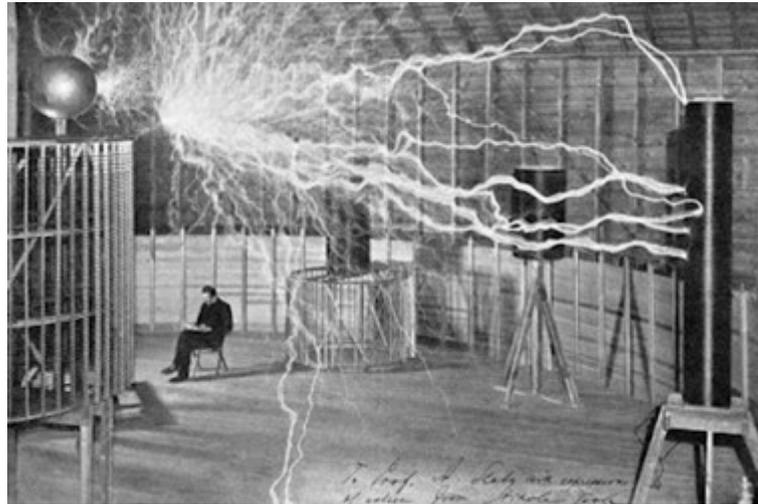
Figura 7 – Nikola Tesla (1915)



Fonte: Tesla (2012)

Em 1891, Tesla exibiu em uma conferência uma bobina que gerou centelhas de treze centímetros. Quando estudava sobre correntes de alta frequência, experimentou criar um transformador onde fosse possível produzir um campo elétrico de grande intensidade que acendesse tubos de vácuo sem qualquer auxílio de eletrodos. Sua ideia, era produzir uma quantidade de energia elevada, com a bobina, e utilizar a Terra como um condutor de eletricidade que pudesse propagar a energia por todo o mundo.

Figura 8 – Tesla em seu laboratório (ilustração sem data).



Fonte: Tesla (2012)

Essa invenção fazia parte do “Sistema Mundial”, em que,

O Sistema Mundial foi criado a partir de uma combinação de diversas descobertas originais feitas pelo inventor durante pesquisa e experimentação prolongadas e contínuas. Ele torna possível não só a transmissão sem fio instantânea e precisa de qualquer tipo de sinal, mensagem ou caractere, para todas as partes do mundo, mas também a interconexão das estações transmissoras de telégrafo, telefone e outros sinais, sem qualquer mudança em seu equipamento atual. (TESLA, 2012, p. 82)

Tesla faleceu sozinho no quarto de hotel em que morava, no dia 07 de janeiro de 1943. Muitas de suas anotações conseguem ser encontradas no museu Nikola Tesla em Belgrado, Sérvia, outras permanecem desaparecidas.

#### 4.2 CONSTRUÇÃO DA MINI BOBINA DE TESLA

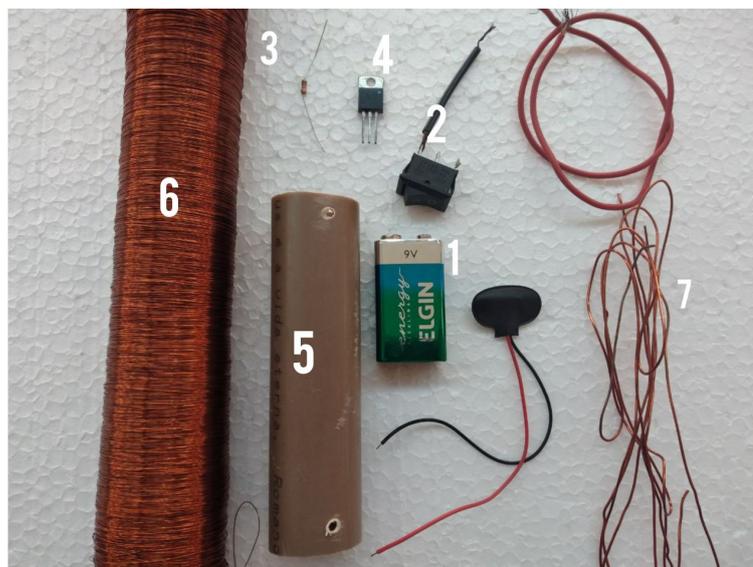
Para a construção da Mini Bobina de Tesla foram propostos materiais que tem um baixo custo, a fim de tornar a atividade ao alcance de todos. Esses componentes são facilmente encontrados em lojas de eletrônica. Com essa finalidade, nesta seção irá demonstrar os procedimentos para a construção do produto educacional como o seu funcionamento.

#### 4.2.1 Material Utilizado

O material utilizado para montar a Mini Bobina de Tesla é listado abaixo e consta na figura (9),

1. Bateria 9V com conector
2. Interruptor
3. Resistor  $22k\Omega$  (figura 2)
4. Transistor TIP49 (figura 6)
5. Cano de PVC
6. Caixa de acrílico (11x8x5,5cm)
7. Bobina com fio de cobre esmaltado  $n^{\circ}30$  A.W.G<sup>1</sup>
8. Bobina com fio de cobre esmaltado  $n^{\circ}16$  A.W.G

Figura 9 – Materiais utilizados na construção da bobina



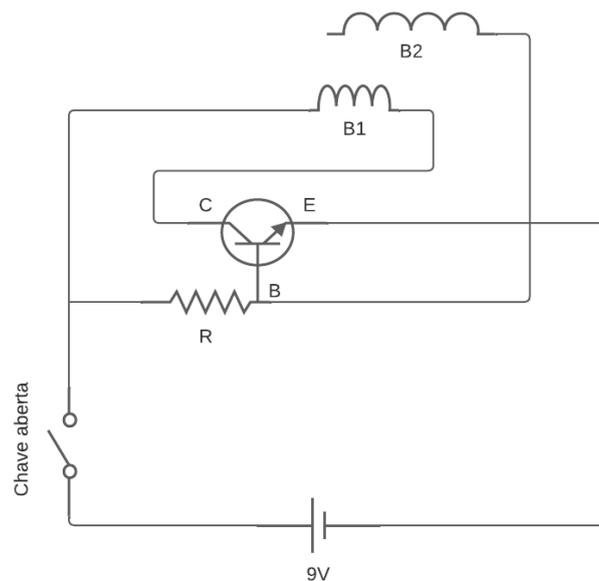
Fonte: Elaboração própria em 2022

<sup>1</sup> American Wire Gauge é uma escala americana que normaliza as bitolas de fios.

### 4.2.2 Procedimento

O circuito usado na montagem é representado pela figura a seguir,

Figura 10 – Esquema do circuito



Fonte: Elaboração própria em 2022

Nesse circuito, representado na figura (10), tem a bateria, que irá fornecer energia para o circuito; o interruptor vai ligar/desligar o circuito; o resistor regula o fluxo de corrente elétrica entre os terminais do circuito; o transistor, a peça-chave do circuito, irá controlar a corrente aplicado nos terminais; e, por fim, a bobina primária (B1) e a bobina secundária (B2) que são dispositivos que armazenam energia em forma de campo magnético.

O procedimento para a montagem do experimento consiste em primeiro lugar, a criação da B2. Para isso, utilizando o cano de PVC de  $12\text{cm}$  de comprimento, foram feitos dois furos (espessura de um prego), um de cada lado, nas pontas do cano, para a passagem do fio, como mostra a figura (9). Depois de inserido o fio de cobre esmaltado  $n^{\circ}30$  A.W.G, com cerca de  $10\text{cm}$  para fora, é preciso enrolar o fio até a outra extremidade, o outro furo, com bastante cuidado para o fio não se sobrepor. De forma a ajudar a fixação do fio no cano de PVC, pode ser utilizado esmalte de unha incolor para que os fios não se soltem. Esta etapa é a parte mais longa de todo

o experimento, mas de extrema importância pois se os fios ficarem sobrepostos a corrente não consegue passar de forma contínua.

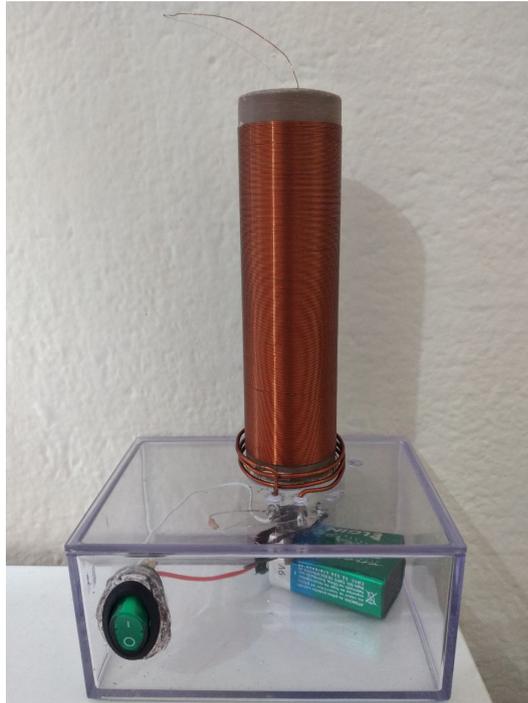
Em segundo lugar, foi feita a B1 com o fio de cobre esmaltado  $n^{\circ}16$  A.W.G, onde foi usado a B2 como base. Foram exercidas 3 voltas em torno do diâmetro da B2, deixando cerca de  $4cm$  para fora de cada ponta.

Em seguida, utilizando a caixa de acrílico foram feitos 3 furos no centro na tampa, onde foram colocados os dois fios da B1 e o fio da B2; e 1 furo na lateral, em que foi feito o encaixe do interruptor. Para ajudar a fixar as bobinas na caixa, foi aplicado cola quente para garantir maior estabilidade.

Por último, foram feitas as ligações do circuito conforme a figura (10) com auxílio de um ferro de solda e estanho. Após todas as ligações o circuito foi guardado na caixa para uma melhor apresentação.

As medidas e os materiais que foram utilizadas não precisam ser exatamente como previstos por esse roteiro, mas vale algumas ressalvas. Primeiro, o fio da bobina secundária precisa ser o mais fino possível em comparação com o da bobina primária, para que possa dar a maior quantidade de voltas possíveis. Por fim, ao invés do cano de PVC pode ser usado rolo de papelão ou algum material que tenha forma cilíndrica. Como produto final espera-se o objeto como a figura a seguir,

Figura 11 – Mini Bobina de Tesla



Fonte: Elaboração própria em 2022

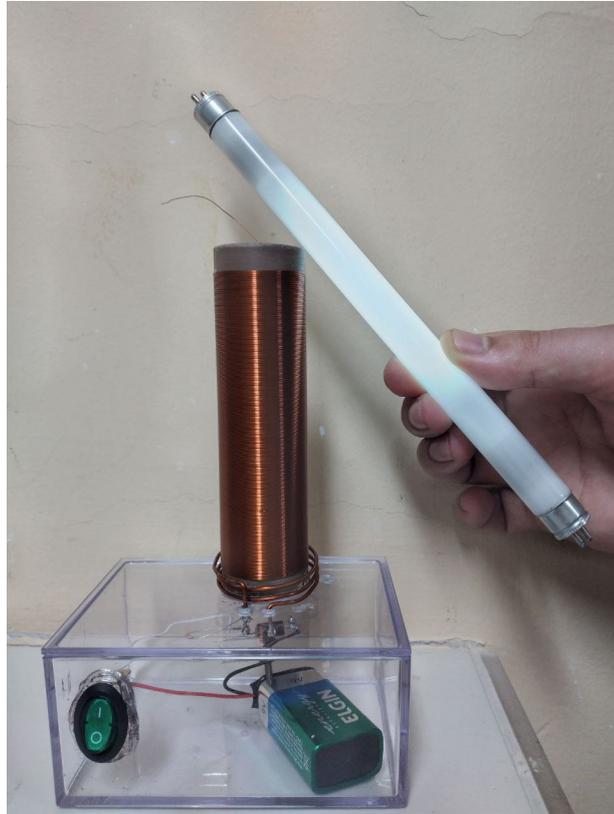
#### 4.3 FUNCIONAMENTO DA MINI BOBINA DE TESLA

A bobina de Tesla funciona como um transformador, ou seja, um instrumento que modifica os níveis de tensão, capaz de gerar uma tensão altíssima. No instante em que o interruptor é fechado, começa a ter passagem de corrente elétrica no circuito. No momento que a corrente chega no resistor, ela opta por um caminho com menor resistência a sua passagem e segue para a bobina primária chegando ao transistor.

Vale ressaltar que o princípio que rege o desempenho de um transistor, quando é ligado através da bateria, é liberar a passagem de corrente por um resistor em suas extremidades, desta forma o próximo componente do circuito é alimentado. Como o transistor é dividido em 3 terminais, figura (5), quando a corrente chega ao transistor ela passa pelo coletor, no entanto existe um fluxo menor passando pelo resistor e chegando no transistor pela base, o que acaba gerando uma corrente de sentido contrário na bobina primária, produzindo uma oscilação da corrente, que agora passa de uma corrente contínua para uma corrente alternada. Como existe movimentação de corrente elétrica na bobina primária, isso induz a formação de um campo magnético,

e como percorre uma corrente alternada causa uma oscilação no campo magnético.

Figura 12 – Mini Bobina de Tesla acendendo a lâmpada.



Fonte: Elaboração própria em 2022

Durante esse processo, na bobina secundária, que tem uma alta resistência, é induzida um campo elétrico pelo campo magnético da bobina primária, produzindo uma força eletromotriz, seguindo a Lei de Lenz. Quando aproxima a lâmpada fluorescente da Mini Bobina de Tesla (figuras 12 e 13), é induzida uma ddp na lâmpada. Essa diferença de potencial que irá provocar a ionização do gás no interior da lâmpada, resultando na excitação dos elétrons e na liberação de fótons, sem se quer a lâmpada entrar em contato com a bobina. A intensidade da luz emitida pela lâmpada depende da maior proximidade com a bobina secundária, uma vez que está mais próxima da origem do campo magnético.

Figura 13 – Mini Bobina de Tesla acendendo a lâmpada.



Fonte: Elaboração própria em 2022

## 5 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

Essa seção tem como objetivo descrever a proposta desenvolvida para essa monografia. Essa proposta tem como intuito tornar o aluno ativo no processo para investigar e analisar problemas pertinentes de ordem social. Para esse fim, utilizou-se simulações de computadores atreladas à apresentação de slides (PowerPoint), com auxílio de atividades experimentais utilizando a Mini Bobina de Tesla para facilitar o entendimento sobre indução eletromagnética.

- Tema: Introdução Eletromagnética
- Número de aulas: Essa unidade didática foi considerada para quatro aulas de 50 minutos cada, onde cada encontro serão 2 aulas.
- Objetivo Geral: Associar o funcionamento da mini bobina de Tesla com o conceito de Indução Eletromagnética.
- Objetivos específicos: Demonstrar a Lei de Indução de Faraday; descrever as aplicações cotidianas; e apresentar o funcionamento da mini bobina de Tesla.
- Conteúdos: Indução eletromagnética, Lei de Faraday e Lei de Lenz.

### 5.1 ENCONTRO 1

Aula começaria levantando alguns questionamentos onde se utiliza o fenômeno da indução eletromagnética, sem explicar o que seria tal fenômeno.

#### 5.1.1 Objetivos

- Descrever três situações reais que envolva indução eletromagnética para fomentar uma contextualização em sala.
- Introduzir os experimentos de Faraday, utilizando o simulador do PhET - (figuras 14 e 15).

Para isso, seriam levantadas 3 situações reais e o que ela tem em comum. Situações problemas:

1. Funcionamento de uma usina hidrelétrica
2. Motores elétricos
3. Carregador sem fio

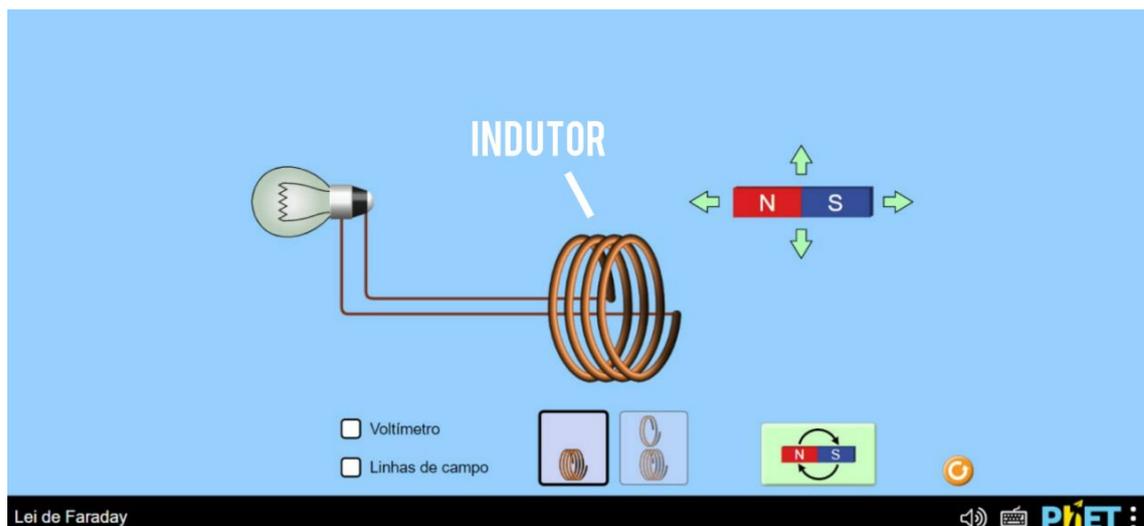
Após esses levantamentos seriam expostos os experimentos que Michael Faraday realizou para provar a existência da fem induzida junto com os simuladores do PhET.

### 5.1.2 Experimentos de Faraday

Explicação sobre os experimentos de Faraday usando o simulador do PhET.

1. Abrir o software “Lei de Faraday” de acordo com a figura (14).

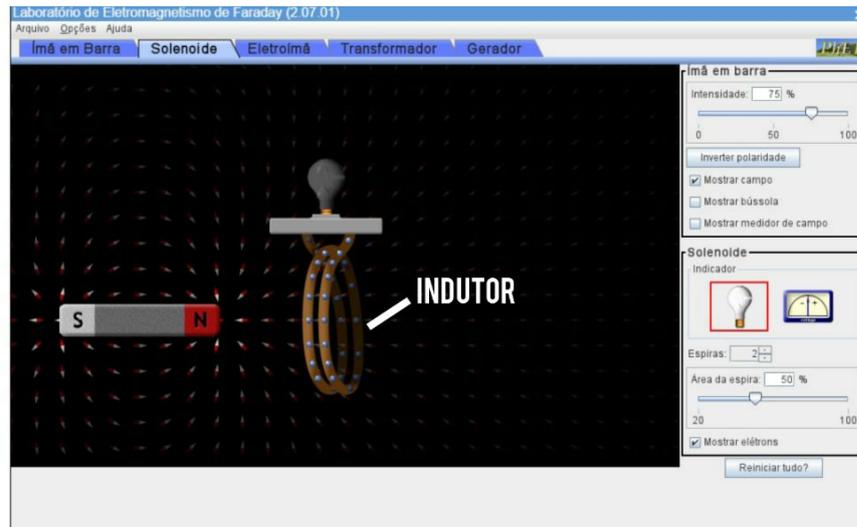
Figura 14 – Simulador do PhET - "Lei de Faraday"



Fonte: PhET (2022)

2. Mover o ímã dentro do indutor, em repouso, e perceber o surgimento de uma corrente induzida.
3. Abrir o software “Laboratório de Eletromagnetismo de Faraday” na aba “Solenóide”, como mostra a figura (15).

Figura 15 – Simulador do PhET - "Laboratório de Eletromagnetismo de Faraday"



Fonte: PhET (2022)

4. Mover o solenoide em volta do ímã, que está em repouso, e perceber o surgimento de uma corrente induzida.

Essas problematizações servem como base para sondar o conhecimento prévio dos alunos sobre os assuntos que servirão como base para a sequência da unidade, e mostrando como acontece o surgimento da fem e da corrente induzida. Ainda é possível adicionar mais bobinas na simulação e verificar o aumento da fem que surge.

Após a explicação da simulação a sala de aula pode ser dividida em 3 grupos. Deve-se aplicar o questionário a seguir, cujo objetivo é verificar o que os alunos compreenderam da aula.

- 1) Se trocássemos o fio de cobre da bobina por um fio de náilon o que aconteceria?
- 2) Quando ocorre variação do fluxo magnético?
- 3) O que aconteceria se aumentarmos o número de voltas na bobina?

## 5.2 ENCONTRO 2

A aula iniciaria fazendo uma revisão dos tópicos que foram abordados anteriormente, após isso seria feito a demonstração da bobina acendendo uma lâmpada.

### 5.2.1 Objetivos

- Esclarecer o surgimento de uma fem induzida em uma espira quando varia o fluxo magnético.
- Mostrar a definição de fluxo magnético.
- Apresentar o funcionamento da mini bobina de Tesla acendendo uma lâmpada a distância.

Em seguida, mediada por uma apresentação de slides, seria feita uma explicação de como funciona o produto exibindo a diagramação do circuito (figura 10), o que é indução eletromagnética, enunciando a Lei de Faraday como também a Lei de Lenz. Como sugestão para elaboração da contextualização histórica desse segundo encontro, juntamente com a apresentação de slides recomenda-se a leitura dos seguintes textos: *Origens e Evoluções das Idéias da Física* (ROCHA et al., 2002); *Sobre os ombros de gigantes: uma história da física* (CHERMAN, 2005); *Experimental Researches in Electricity* (FARADAY, 1831); *Minhas invenções: a autobiografia de Nikola Tesla* (TESLA, 2012).

Com fim de avaliar a compreensão o aluno, pode ser realizada uma sistematização do conteúdo, onde os alunos iriam discorrer sobre a observação dos experimentos da Mini Bobina de Tesla, descrevendo como funciona e as leis que regem a indução eletromagnética. Assim, os alunos iriam comunicar todas as suas observações para a turma, o que contribui para a solidificação do conhecimento adquirido.

## 6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A tentativa de tornar a Física menos abstrata tem seu aspecto desafiador para os professores do Ensino Médio. Para isso, o desenvolvimento dessa Unidade Didática tem como objetivo minimizar esses problemas e oferecer uma solução mais prática para os alunos.

Neste trabalho o objetivo principal foi desenvolver uma Unidade Didática que possibilite a investigação do ensino sobre indução eletromagnética e, desse modo, possibilitar a melhor compreensão de todas as suas possíveis atribuições.

Pretende-se que seja possível considerar a utilização de experimentos em sala de aula não apenas para as aulas que foram propostas por essa unidade didática, mas para todos os conceitos da Física, como a blindagem eletrostática que pode ser demonstrada a partir do uso da Mini Bobina de Tesla.

Espera-se que esse produto educacional possa reduzir a falta de interesse de muitos alunos quando se estuda esse conteúdo, uma vez que só existe o contato no final do ano letivo, onde os alunos já estão saturados com a escola e de certa forma incentivar os professores a adotarem uma metodologia interativa.

## REFERÊNCIAS

- ALONSO, M.; FINN, E. J. **Física: um curso universitário**. São Paulo: Edgard Blücher, 1972. v. 3.
- ANDRADE, C. R.; MAIA, M. S. J. Ensino da física e o cotidiano: a percepção do aluno de licenciatura em física da universidade federal de sergipe. **Scientia Plena**, v. 4, n. 4, p. 1–8, 2008.
- ARAÚJO, M. S. T. de; ABIB, M. L. V. dos S. Atividades experimentais no ensino de física: Diferentes enfoques, diferentes finalidades. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 25, n. 2, p. 176–194, 2003.
- ARNOLD, R.; BRANDT, H. **Eletrônica Industrial**. São Paulo: EPU, 1975. v. 10.
- BARRETO, J. R. A. **Uma Nova Proposta de Recurso Didático: A Bobina de Tesla para uso em Temas do Eletromagnetismo**. 24 p. Monografia (Graduação em Licenciatura em Ciências Naturais) — Faculdade UnB Planaltina, Planaltina, 2014.
- BRASIL. **Ministério da Educação**. 2017. Lei nº13.415, de 16 de fevereiro de 2017. Base Nacional Comum Curricular. Brasília.
- CHERMAN, A. **Sobre os ombros de gigantes: uma história da física**. Rio de Janeiro: Jorge Zahar Editor, 2005.
- DAMIS, O. T. **Unidade didática: uma técnica para organização do ensino e da aprendizagem**. 2006. In: ALENCASTRO, I. P (org.). Técnicas de ensino: Novos tempos, novas configurações. São Paulo, Ed. Papirus, 200. p.105-133.
- FARADAY, M. Experimental researches in electricity. **Corr. Mem Royal Acad. of Sciences of Paris**, p. 125–162, 1831.
- GASPAR, A. **Compreendendo a física**. 2. ed. São Paulo: Ática, 2013. v. 3.
- GONÇALVES, F. P.; GALIAZZI, M. do C. **A natureza da atividades experimentais no ensino de ciências: um programa de pesquisa educativa nos cursos de licenciatura**. 2004. In: MORAES, Roque; MANCUSO, Ronaldo (Orgs.). Educação em ciências: produção de currículos e formação de professores. Ijuí, Ed. Unijuí, 2004. p.237-252.
- HALLIDAY, D.; RESNICK, R.; WALKER, J. **Fundamentos de física**. 10. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2019. v. 3.
- LABURÚ, C. E.; ARRUDA, S. de M. A construção de uma bobina de tesla para uso em demonstrações na sala de aula. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v21, n. Especial - novembro de 2004, p. 217–226, 2004.
- MARTINS, C. A. **Metodologia de Construção de um Bobina de Tesla para o Ensino do Eletromagnetismo**. 31 p. Monografia (Graduação em Licenciatura em Física) — Faculdade de Educação e Meio Ambiente, Ariquemes, 2019.
- PEREIRA, A. P. Relatório de Estágio do Mestrado em Ensino de Física e de Química, **Mini bobina de Tesla: uma proposta didática de atividade experimental para o Ensino Secundário**. Universidade do Porto: [s.n.], 2020.

PhET. 2022. Disponível em: <https://phet.colorado.edu>. Acesso em: 24 de ago. 2022.

RAMALHO, F.; FERRARO, N. G.; TOLEDO, P. A. de. **Os Fundamentos da Física**. [S.l.]: Moderna, 2009. v. 3.

ROCHA, J. F. et al. **Origens e Evoluções das Idéias da Física**. Salvador: EDUFBA, 2002.

RODRIGUES, J. J. V. **O Ensino de Eletromagnetismo por Meio da Integração Entre Atividades Experimentais e Computacionais: Contribuições Para o Entendimento da Indução Eletromagnética**. 173 p. Dissertação (Mestrado em Ensino de Ciências Exatas) — Centro Universitário Univates, Lajeado, 2016.

SANTOS, N. S. dos. **Proposta de Unidade Didática para o Ensino de Indução Eletromagnética com Ênfase no Funcionamento de Geradores Elétricos**. 78 p. Dissertação (Mestrado Profissional em Ensino de Física) — Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte, Natal, 2017.

TESLA, N. **Minhas invenções: a autobiografia de Nikola Tesla**. 1. ed. São Paulo: Unesp, 2012. v. 1.