

Projeto de baixo custo para construção de bobinas do tipo solenoide e de Helmholtz para implementação no ensino

Mariana Moraes Sousa¹, Lázaro Luis de Lima Sousa²

¹Formanda em Bacharelado Interdisciplinar em Ciência e Tecnologia, ²Professor orientador

Resumo: O estudo do eletromagnetismo resultou no surgimento das bobinas solenoide, que são dispositivos capazes de gerar um campo magnético por meio da passagem de corrente elétrica, assim como o processo inverso, muito presente em toda produção de energia elétrica atualmente. O seguinte artigo tem a finalidade de construir, caracterizar e implementar bobinas solenoides comuns e de Helmholtz em escolas públicas, de maneira a esclarecer os conhecimentos e contextualizar o eletromagnetismo no cotidiano dos alunos, incentivando assim o seu interesse, e otimizando o ensino de física, de forma viável ao orçamento limitado da educação pública. A construção considera os fatores teóricos, como um campo magnético experimentalmente útil e os fatores externos como materiais de fácil acesso e valor factível para o contexto socioeconômico do aluno de escola pública, além disso esse presente artigo realizou experimentos em laboratório com as bobinas confeccionadas. Deste modo, os experimentos resultaram em um campo magnético mais homogêneo e regulado de acordo com a corrente fornecida, na bobina de Helmholtz em comparação com o solenoide comum, ademais, vale ressaltar, que foi possível realizar experimentos simples, conforme os realizados no ensino público. Em conclusão, a fabricação e caracterização das bobinas foi bem-sucedida, visto que foi possível aplicar experimentos viáveis em um âmbito pedagógico, com um custo praticável tendo em vista o contexto precário das escolas públicas, o orçamento limitado da educação pública situação de vulnerabilidade social dos alunos, cumprindo o objetivo social do projeto de potencializar a aprendizagem do eletromagnetismo com a aplicação prática no contexto rotineiro.

Palavras-chave: Bobina; Helmholtz; Corrente; Campo magnético; Ensino.

1. INTRODUÇÃO

O experimento é uma representação de um acontecimento que deve ocorrer segundo as leis da natureza, seja forçadamente ou livremente. No ensino, ele é uma saída para motivar discentes à observação de fenômenos físicos, auxiliando o aprendizado de conceitos, leis e de novas tecnologias. Em sala de aula o experimento pode ser feito pelo próprio estudante ou pode ser usado pelo professor em atividades demonstrativas [1]. Apesar de todos os benefícios que os experimentos podem trazer para o ambiente escolar, ainda é possível encontrar resistências do uso deste recurso. Um dos motivos é da ausência de aparatos experimentais próprios para realização dos experimentos. Muitos kits experimentais são caros para que escolas e institutos de ensino adquiram com recursos próprios. Neste caso, alternativas como experimentos de baixo custo [2] trazem uma perspectiva animadora no uso de experimentos que tenham elementos de baixo orçamento e/ou com a reutilização de materiais diversos. As tecnologias trouxeram novas formas de ensinar a física experimental ao usar laboratórios virtuais [3], contudo ressaltamos a importância do contato com a experimentação real. Cada recurso trabalha certas competências e habilidades que cooperam para formação social e educacional dos estudantes ao estabelecer uma conexão entre o os apontamentos e o mundo real [4].

A eletricidade e magnetismo é um apontamento visto no 3º ano do Ensino Médio e, segundo a BNCC, na descrição da habilidade EM13CNT205, que os estudantes devem ser capazes de interpretar previsões sobre atividades experimentais, reconhecendo os limites explicativos das ciências [5]. Assim, é importante que o estudante possa ter contato com essas atividades experimentais dentro de contextos investigativos.

As investigações e produção de conhecimentos científicos na área do eletromagnetismo partem do princípio de que o magnetismo é vinculado à característica do próprio material ou pelo movimento das cargas elétricas. Assim, o campo eletromagnético é capaz de gerar corrente elétrica pelo fenômeno da indução eletromagnética descoberto por Faraday, fenômeno esse que atua em quase todos os processos de conversão de energias da natureza [6]. Portanto, tendo em vista que o ensino das ciências nas escolas deve se relacionar com o mundo e sociedade na qual está inserido o aluno, sendo possível ser reconhecido no cotidiano do indivíduo, o aprendizado do eletromagnetismo na prática e o desenvolvimento desse conhecimento nas escolas públicas, este trabalho tem o

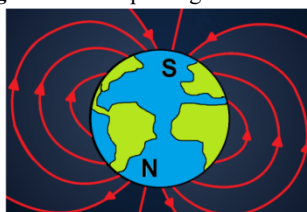
objetivo de mostrar a confecção de bobinas de baixo custo, produzindo um solenoide e uma bobina de Helmholtz, com a finalidade de conduzir um estudo mais estimulante sobre efeitos magnéticos, que se mostra fundamental na formação destes estudantes sobre os fenômenos naturais e as tecnologias atuais.

2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1. Um pouco de história

Historicamente, existem dois registros importantes dos efeitos magnéticos: na China, em 2637 a.C., em que construíram uma espécie de instrumento para guiar tropas, na guerra daquela época, como faz uma bússola; na Grécia, no século VI a.C., relatam a existência de uma pedra que apresentava efeitos magnéticos na região da Magnésia [7]. O campo magnético é proveniente da característica de um material, que apresenta organização de seus momentos magnéticos, alinhados em uma direção e sentido, ou de uma carga em movimento, ou seja, uma corrente elétrica produz campo magnético [6]. A Terra é considerada um grande ímã magnético, devido ao seu movimento de rotação. A **Figura 1** mostra uma ilustração do campo magnético da Terra, com polos norte (N) e sul (S) determinados e as linhas de campo magnético produzidas por ele, em vermelho.

Figura 1 – Campo magnético da Terra



Fonte: Roteiros de Laboratório de Eletricidade e Magnetismo, UFERSA (2023)

A bússola é um instrumento que serve para indicar a direção do campo magnético [10]. É bem comum encontrar este objeto, hoje em dia. Em relatos históricos, a primeira bússola propriamente dita é do final do século I d.C., no formato de uma colher, mostrada na **Figura 2(a)**. Na **Figura 2(b)** é mostrada uma representação de uma bússola de uso comum, formado por uma agulha que se orienta com o campo magnético da Terra, na ausência de campos externos.

Figura 2 – Exemplos de bússolas: (a) atual; (b) considerada a primeira bússola

(a)



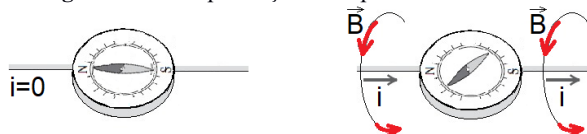
(b)



Fonte: (a) pixabay.com; (b) <https://brasilescola.uol.com.br/geografia/bussola.htm>

Em 1820, Oersted [8], notava que a agulha de uma bússola, assim como qualquer objeto imantado, era desviada ao ficar nos arredores de um fio conduzindo corrente elétrica. Era observado, então, que a influência das cargas em movimento de uma corrente em um campo magnético. A **Figura 3** mostra uma ilustração deste experimento, em que o ponteiro de uma bússola é alterado quando o fio transporta uma corrente i , produzindo um campo magnético $\vec{B}$ ao redor do fio.

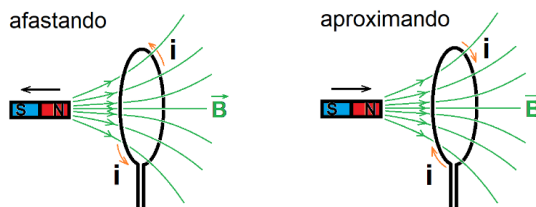
Figura 3 – Exemplificação do experimento de Oersted



Fonte: autor (2023)

De maneira análoga a Oersted, em 1831, Michael Faraday [9] constatou que o movimento relativo de um ímã nos arredores de uma espira era capaz de produzir corrente elétrica nos fios de uma espira. A **Figura 4** traz uma ilustração de um ímã que se aproxima/afasta de uma espira, produzindo uma corrente induzida.

Figura 4 – Exemplificação do experimento de Faraday



Fonte: Roteiros de Laboratório de Eletricidade e Magnetismo, UFERSA (2023)

Em conclusão, tendo em vista esses dois experimentos e seus resultados, o campo magnético afeta as cargas elétricas em movimento, assim como a corrente elétrica é capaz de criar campos magnéticos.

2.1. Campo do solenoide

A lei de Biot e Savart oferece formas de calcular o campo magnético em qualquer formato que transporta corrente, dessa maneira pela definição de densidade de corrente, seu valor é igual ao produto de concentração de cargas que se movem, vezes o módulo da carga de cada partícula. A **Equação 1** mostra como calcular o campo magnético a uma posição específica r , de forma geral.

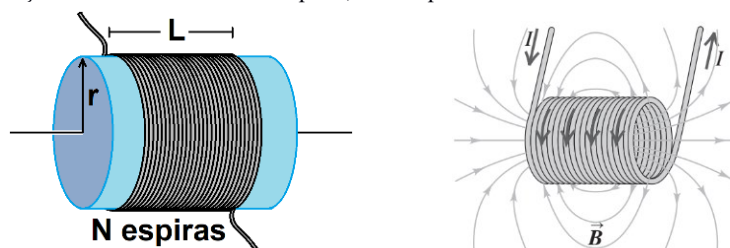
$$\vec{B} = \frac{\mu_0 i}{4\pi} \int \frac{d\vec{l} \times \hat{r}}{r^2} \quad \text{Equação 1}$$

Antes disso, é preciso citar que existe outra maneira de determinar o campo magnético envolvendo distribuição de corrente. Para Gauss, o campo era determinado pelo fluxo, tendo ou não corrente. Nesse ponto, é limitado deduzir o campo elétrico produzido por uma distribuição de correntes. A evolução para a Lei de Ampere é definida com base em uma integral de linha de B . Isso significa que a trajetória deve ser fechada. Calculando as integrais como sendo as circunferências centradas sobre o condutor, temos que o módulo da integral é $B(2\pi r)$. Pela regra da mão direita, a corrente será positiva. Portanto, B possui o mesmo sentido do percurso da integral. Substituindo a densidade de corrente, encontra-se a seguinte equação:

$$B = \frac{\mu_0 I}{2\pi r} \quad \text{Equação 2}$$

Quando a corrente percorre as espiras circulares que estão muito próximas, o campo produzido será dado pela superposição dos campos magnéticos, ou seja, o campo magnético produzido por cada espira se superpõe e forma um campo resultante, dessa forma será a soma vetorial de todas as espiras, nesse caso por estarem muito próximos, os fios das espiras se comportam como fio retilíneo e as linhas de campo são quase concêntricas. Isso significa que perto do eixo do solenoide, as linhas de campo se combinam e se alinham, produzindo um campo magnético paralelo ao eixo do solenoide. Um solenoide é mostrado na **Figura 5** e como seriam suas linhas de campo quando uma corrente I passa por suas espiras.

Figura 5 – Exemplificação de um solenoide de N espiras, de comprimento L e raio r e como seria suas linhas de campo



Fonte: Roteiros de Laboratório de Eletricidade e Magnetismo, UFERSA (2023)

Além disso, o fato de as linhas de campo apresentarem um pequeno espaçamento indica que o campo magnético nessa região é intenso. Quanto maior a densidade das linhas de campo, maior é a intensidade do campo magnético

na região em questão. Perto do eixo do solenoide, as linhas de campo se combinam para produzir um campo magnético paralelo ao eixo. O fato de as linhas de campo apresentarem um pequeno espaçamento indica que o campo magnético nessa região é intenso. O campo magnético do solenoide é dado pela **Equação 3**, que n é a densidade de espiras do solenoide, ou seja, a quantidade de espiras por comprimento do solenoide.

$$\oint \vec{B} \cdot d\vec{l} = BL = \mu_0 nLI \quad \Rightarrow \quad B = \mu_0 n I \quad \text{Equação 3}$$

Com base no que já foi relatado, concluímos que a corrente que percorre um circuito gera um campo magnético, que causa um fluxo magnético com linhas de campo que atravessam a espira. Sendo definido o fluxo proporcional a corrente [12], encontra-se a constante de proporcionalidade L , indutância. A indutância é uma propriedade que relaciona os quesitos geométricos do indutor. A unidade de indutância é o henry (H).

Devido ao fluxo ser gerado pelo próprio indutor, sua referência dada como auto-indutância, também é possível medir energia armazenada pelo indutor que é dado em joules. Quando temos dois circuitos com duas correntes, a interação magnética oriunda irá se estabelecer como indutância mútua [13]. A indutância de vários componentes, como toróides, solenoide, linhas de transmissão de fios paralelos podem ser obtidas pelos mesmos procedimentos, a listagem de suas equações pode ser consultada também no GROVER, assim como as deduções de força em circuitos elétricos [14].

Após as observações de Oested, onde Ampère e Biot-Savart baseiam suas leis, provando que a corrente contínua produzia campo magnético, a indagação de que um campo magnético poderia produzir eletricidade se tornou necessário para Michael Faraday e Joseph Henry. Faraday disse que numa região onde exista um campo magnético, existirá uma força eletromotriz produzida pela variação temporal do fluxo de campo magnético com direção oposta. A tensão induzida age de tal forma a se opor ao fluxo, então o sinal negativo, a propriedade que descreve o sentido de fluxo da corrente produzir um campo oposto ao campo magnético original é a lei de Lenz.

2.2. Bobina de Helmholtz

A bobina Helmholtz [11] é composta por duas bobinas solenoides idênticas, posicionadas uma ao lado da outra com uma distância igual ao raio das bobinas. Quando uma corrente elétrica é aplicada em ambas as bobinas em direções opostas, elas geram campos magnéticos uniformes que se somam no centro da região entre elas, criando um campo magnético uniforme em uma região maior do que a gerada por uma única bobina solenoide. É possível ampliar e controlar de forma precisa, alterando-se o número de espiras da bobina, a intensidade da corrente elétrica ou a geometria da bobina. A **Figura 6** mostra esse equipamento.

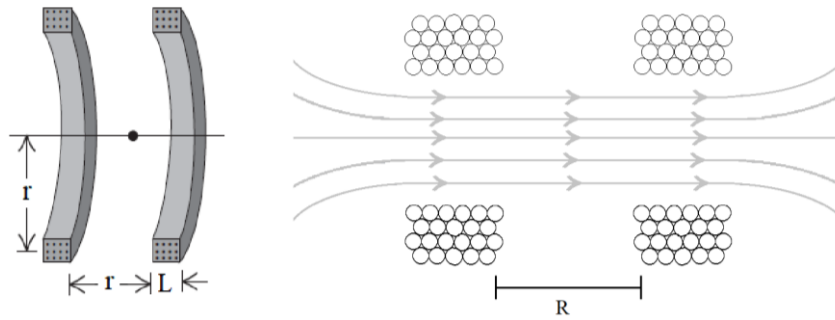
Figura 6 – Bobina de Helmholtz



Fonte: <https://www.fstfirenze.it/bobine-di-helmholtz/>, acesso em maio de 2023

A utilização em experimentos científicos que envolvem materiais magnéticos ou em que é necessário medir ou manipular campos magnéticos com precisão. A bobina de Helmholtz pode por exemplo, ser usada em experimentos de física como o estudo de movimento de partículas carregadas em campos magnéticos, a medição de momentos magnéticos de materiais e o estudo de propriedades magnéticas de materiais em condições controladas, em que o campo magnético é mantido com maior controle sobre sua direção, seu módulo e sentido. O interior de uma bobina de Helmholtz é mostrado na **Figura 7**. Nela é possível identificar que as linhas de campo estão paralelas entre si e que a intensidade do campo B_H é dada pela **Equação 4**, em que N_H é o número de espiras de um conjunto de bobinas, I_H é a intensidade da corrente elétrica e r é o raio, que tem o mesmo valor da distância entre o conjunto de bobinas R .

Figura 7 – Campo magnético homogêneo no interior de uma bobina Helmholtz



Fonte: autor (2023)

$$B_H = \left(\frac{8}{\sqrt{5^3}} \right) \frac{\mu_0 N_H I_H}{r}$$

Equação 4

A finalização dessa base teórica tem o limite até a Indução de Faraday, mostrando sua relação no funcionamento físico magnético da bobina de Helmholtz, então os próximos conceitos abrangendo as equações de Maxwell não se fez necessária, porém podem ser analisados futuramente para possíveis aplicações experimentais utilizando essas bobinas.

3. METODOLOGIA DO TRABALHO

Para dar início ao processo de construção desse projeto, primariamente foi realizado uma análise física para construção de um sistema magnético aplicável em laboratórios escolares. De acordo com estudos realizados na jornada acadêmica, preparatória desse trabalho. A intenção é montar uma estrutura que produza campo da ordem ou maior que o campo magnético da Terra, que é de aproximadamente 30 μT [6]. São fatores fundamentais para o projeto: o comprimento do solenoide, o raio do solenoide, a corrente que circula pelas espiras. Durante a obtenção dos materiais do projeto, para o enrolamento dos fios foi designado o cano padrão PVC de 100 mm, sendo viável para o orçamento público escolar e acessível para trabalho manual. A **Tabela 1** mostra as medidas esperadas para cada tipo de aparato experimental, para ambos se utiliza $\mu_0 = 4\pi \times 10^{-7} \text{T.m/A}$.

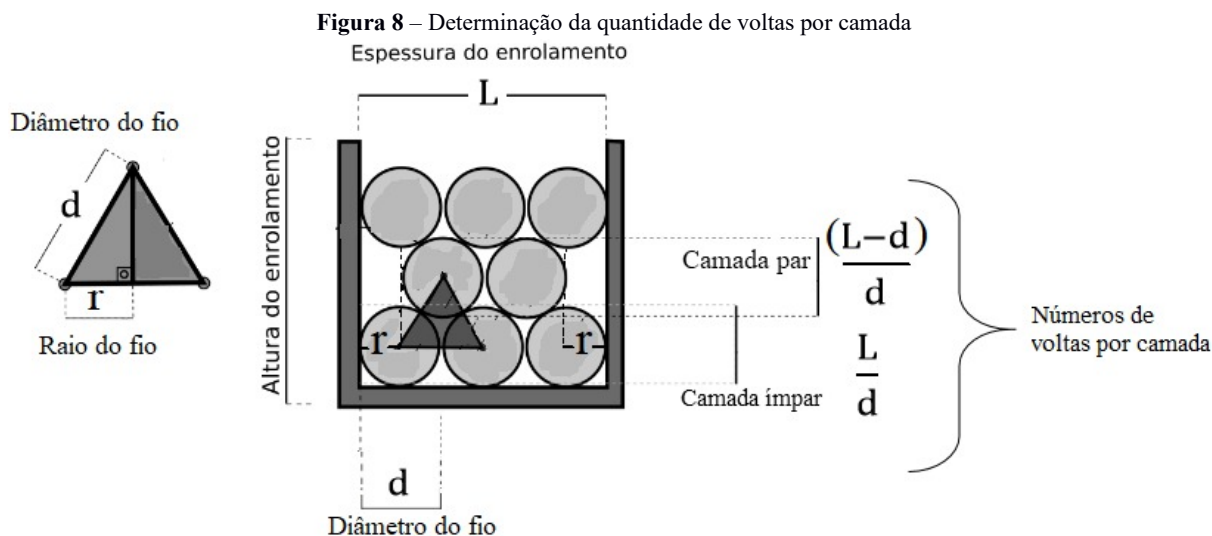
Tabela 1 – Projeções das medidas para projeto das bobinas

Arranjo	Dados	Equações	Dados Obtidos
Solenoide	Campo Magnético estipulado (B) = 0,013 T Intensidade da Corrente (I) = 5A Comprimento (L) = 0,15 m	$n = \frac{BL}{\mu_0 I}$	Número de voltas= 310
Helmholtz	Campo Magnético estipulado = 0,02 T Intensidade da Corrente (I) = 5A Comprimento (L) = 0,06 m Raio = 0,05 m	$n = \frac{B5^{\frac{3}{2}}R}{8\mu_0 I}$	Número de voltas por cada bobina = 240

Fonte: autor (2023)

O comprimento total de fios em metros é dado por $C = n(2\pi r)$, onde n é o número de voltas das espiras e r é a distância entre dois centros de dois fios postos um sobre o outro, como mostra a **Figura 8**, nela é mostrada as camadas de fios e como eles se arranjam entre si para produzir a espessura do enrolamento.

Para a construção do solenoide comum foi preciso $C=97,39$ m. Para as bobinas de Helmholtz, o comprimento total do fio resultou em $C=75,39$ m. Foram necessários para a construção do projeto um total de 248,27 m. Visando um esquema preciso da distribuição de espiras na espessura do enrolamento, foi esquematizado, através da geometria do solenoide e do fio, a distribuição espacial do fio em cada volta o cano, e assim es sendo possível calcular número exatos de voltas por camada.

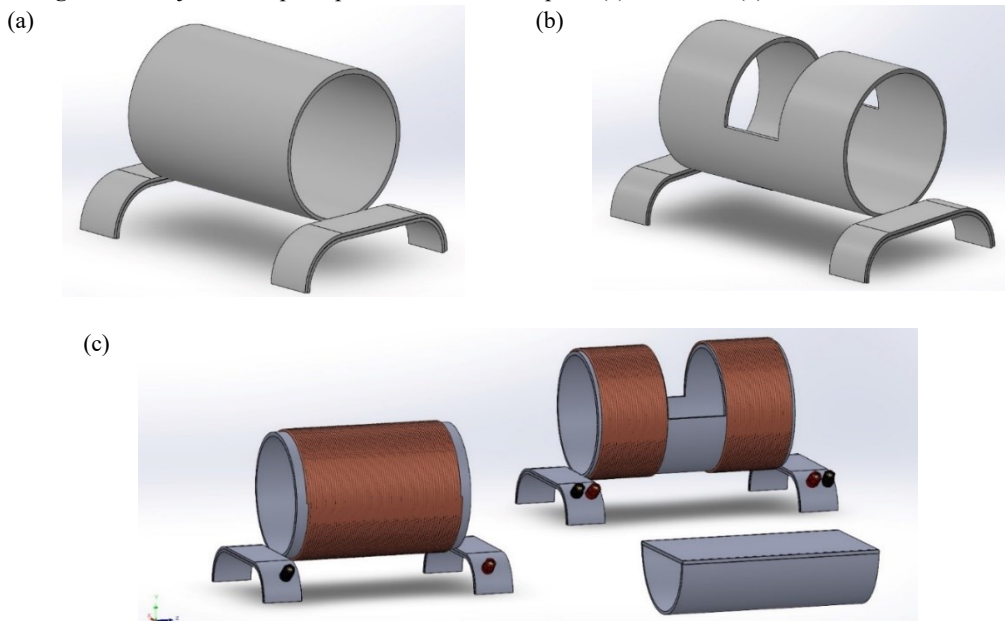


Fonte: autor (2023)

Essa análise pode ser explicada conforme a **Figura 8**, sabendo o tamanho do comprimento do solenoide (L) e o diâmetro do fio (d), determina-se que o número de voltas da primeira camada será a razão de L e d , ou seja, a quantidade de fios que se encaixam no comprimento disponível, e a partir da análise geométrica, nota-se que a segunda camada se ajusta de maneira alternada, aproveitando os espaços deixados pela camada anterior, o que de maneira geral reduz o comprimento L em um raio do fio, dado por r , no início e outro valor equivalente no fim, resultando em um espaço disponível $(L - d)$, uma vez que $d=2r$, que também será dividido por d , obtendo o número de voltas da segunda camada. Nesse processo, a terceira camada será igual a primeira, a quarta será igual a segunda e assim por diante, estabelecendo o padrão em camadas pares e ímpares.

Os fios serão enrolados sobre uma estrutura de cano PVP. Para isso, foi projetado no Solidworks, um software CAD (Computer Aided Design) de desenhos geométricos tridimensionais, dois arranjos de fácil manipulação e construção. O resultado é mostrado na **Figura 9**, com as estruturas do solenoide, em (a), e a estrutura para as bobinas de Helmholtz, em (b). Em (c) é mostrado o sistema pronto, já com os enrolamentos, e o projeto de um suporte para depósito de objetos adicionais, como a bússola.

Figura 9 – Projetos de suporte para os enrolamentos para: (a) solenoide; (b) bobina de Helmholtz

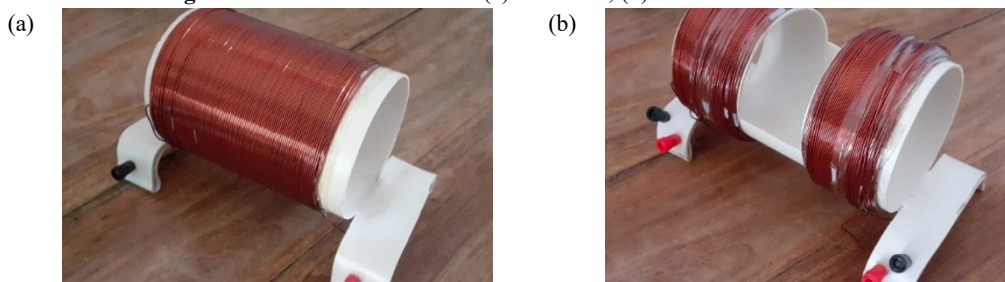


Fonte: autor (2023)

O Anexo 1 traz maiores detalhes desta proposta, incluindo os valores utilizados para as estruturas das bobinas. Após realizado o projeto, foram cortados os canos e aquecidos, para que fosse aproveitado parte dele como base de equilíbrio. Para o enrolamento, um profissional da área foi designado para realizar essa prática. Foram

adicionados bornes para uma fácil conexão com outros elementos eletrônicos. O resultado pode ser visto na **Figura 10**.

Figura 10 – Sistemas montados: (a) solenoide; (b) bobina de Helmholtz



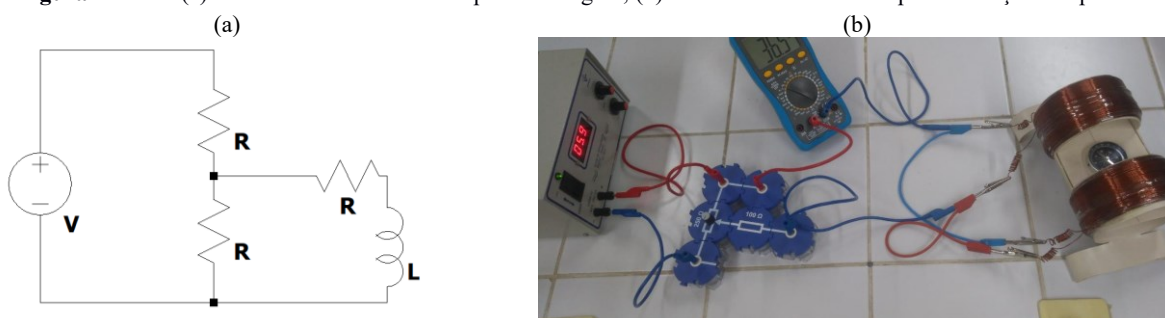
Fonte: autor (2023)

Após a montagem dos sistemas, eles podem ser usados para testes iniciais e experimentos que envolvam esses equipamentos. A seguir é mostrada uma prática de determinação do campo magnético da Terra, que é uma das práticas que podem ser realizadas com esse equipamento.

4. RESULTADOS

A ideia principal para desenvolver a prática experimental foi baseada na aula de Laboratório de Eletricidade e Magnetismo, conforme a prática escolhida, o objetivo é determinar o campo magnético da Terra, concluindo assim a aplicabilidade deste sistema e, conseqüentemente todas as escolhas para a construção das bobinas foram corroboradas. O circuito é dado pela **Figura 11**, em que é usado um divisor de tensão, composto por um trimpot e uma fonte de alimentação de corrente contínua, um resistor de uso comum, um amperímetro, uma bússola e as bobinas mostradas neste trabalho. Foi usada uma de cada vez.

Figura 11 – Em (a) é mostrado o circuito-base para montagem; (b) traz o circuito montado para execução das práticas

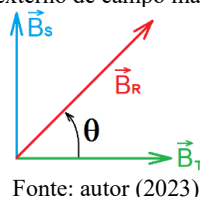


Fonte: autor (2023)

A preferência pelo trimpot (potenciômetro) surgiu no momento da experiência, pois é um tipo de resistor variável que pode ser ajustado manualmente para alterar seu valor de resistência. Dessa forma, obteve-se mais retenção quanto à regulação da corrente.

O experimento foi conduzido anotando os valores da corrente pelas bobinas, enquanto é variada a tensão da fonte, e o ângulo de deflexão θ lido na bússola. O ponteiro da bússola é direcionado perpendicularmente ao campo magnético externo, criado pelas bobinas. Para cada tipo de bobina é realizado este experimento, na tentativa de medir o campo magnético da Terra. O campo magnético externo, representado por $\vec{B}_s$, do circuito da **Figura 12** criará um campo magnético perpendicular ao campo da Terra ($\vec{B}_T$). O ponteiro da bússola sofrerá uma deflexão na direção do campo resultante $\vec{B}_R$, fazendo um ângulo θ com $\vec{B}_T$. A **Figura 12** traz uma análise rápida sobre estes vetores, onde a relação entre seus módulos é dada pela **Equação 5**.

Figura 12 – Relação entre os vetores externo de campo magnético e do campo magnético da Terra



Fonte: autor (2023)

$$B_S = B_T \tan \theta$$

Equação 5

Esse método é utilizado para os dois sistemas por simplicidade, fazendo com que os resultados sejam apreciados pela mesma perspectiva.

4.1. Determinando o campo magnético da Terra através da bobina solenoide

Quando o eixo da bobina está alinhado com a componente horizontal do campo da Terra, o campo resultante no centro da bobina é soma vetorial do campo gerado pela bobina e do campo da Terra, com resultado apresentado na **Equação 5**. Pode-se também fazer uso dos magnetômetros de um smartphone para medir a magnitude do campo magnético da Terra, porém para descoberta através da bússola o experimento se torna ainda mais interdisciplinar, voltando à análise realizada na revisão teórica e buscando compreender a aplicação da didática do assunto.

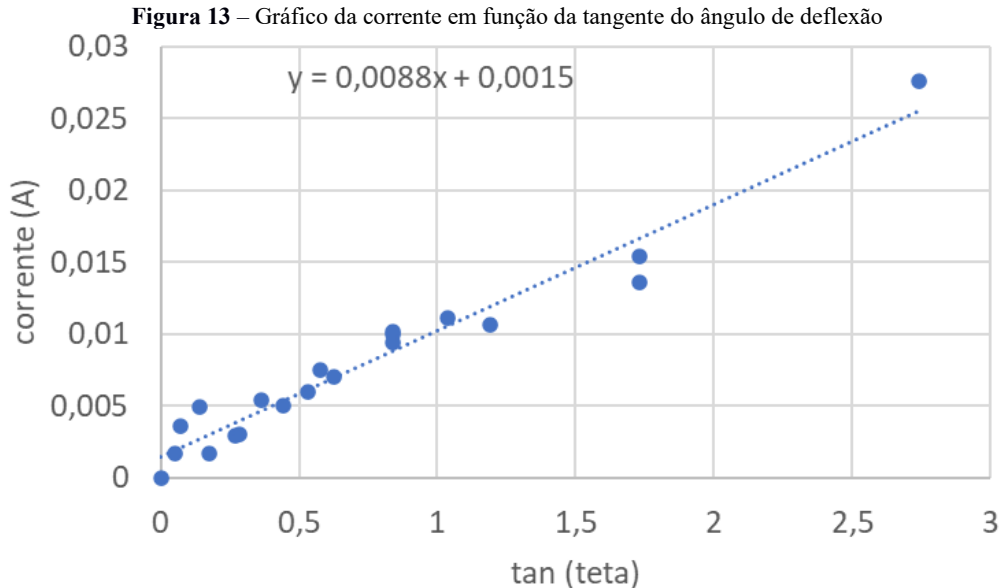
A corrente e o ângulo da bússola se relacionam pela **Equação 6**, onde L é o comprimento do solenoide, n é o número de espiras e B_T é o campo magnético da Terra.

$$i(\theta) = \frac{L}{n} B_T \tan \theta$$

Equação 6

De acordo com a literatura [6], a frequência linear de pequenas oscilações em torno da bobina é dada levando em consideração o momento dipolo magnético e a inércia. Assim, realizando uma análise com as expressões do Torque e da aceleração angular da agulha da bússola, tratada como ímã, percebe-se que a equação é semelhante a um oscilador harmônico simples. Ao concluir, a lógica é evidente numa equação da reta $y(x) = ax + b$, plotando o gráfico da frequência linear versus corrente, podemos definir os coeficientes angular e linear da reta. Onde o coeficiente angular nos dá o momento de dipolo magnético μ do ímã, e a partir deste e do coeficiente linear calculamos o campo magnético terrestre.

A **Figura 13** mostra os resultados obtidos pelas medidas. Através do ajuste linear, o campo magnético da Terra é de aproximadamente 23 μ T. Apesar do erro acreditamos que as medidas fornecem valores razoáveis dentro de possibilidades acadêmicas.



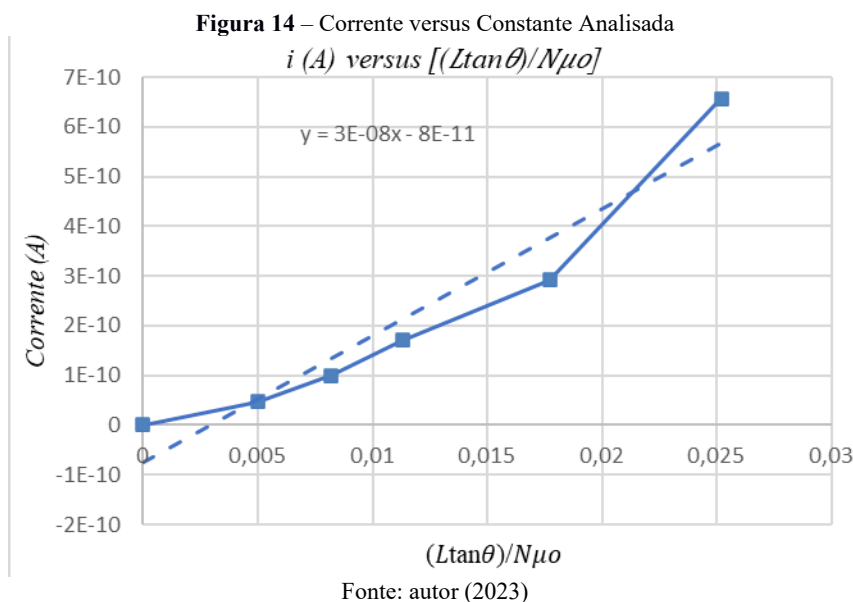
Fonte: autor (2023)

4.2. Determinando o campo magnético da Terra através da bobina Helmholtz

Para o experimento na bobina de Helmholtz, deve-se se atentar que o mesmo procedimento não pode ser feito. O estudo dos vetores é o mesmo, no entanto devido à complexidade dos vetores do campo magnético no interior da bobina, a identificação do campo magnético deve considerar os procedimentos subsequente. A equação 2.3 nos oferece o campo de uma bobina solenoide, dado: Nesse raciocínio a relação de corrente e a tangente do ângulo de deflexão θ é obtida pela dedução matemática acima, e dessa forma é possível obter a intensidade da corrente durante os experimentos. Calculando o valor de $[(L \tan \theta) / N \mu_0]$ para cada ângulo medido, ao usar os valores de N

e L do solenoide e a permeabilidade magnética do vácuo μ_0 . Representando graficamente, i em função de $[(L \tan \theta)/N\mu_0]$. Espera-se que o gráfico seja aproximadamente linear, com alguns pontos que podem sair do padrão devido a erros experimentais.

Utilizar o método da regressão linear para ajustar uma reta aos pontos do gráfico, na forma da equação $y(x) = ax + b$, onde y representa a corrente i e x representa $[(L \tan \theta)/N\mu_0]$. A constante a da reta estima o valor do campo magnético da Terra, enquanto b deve ser nulo ou muito menor que o valor de a .



Interpretado os valores da regressão linear em unidades específicas, utilizando as unidades dos componentes do circuito e a unidade do campo magnético (tesla, T).

IMPLEMENTAÇÃO PEDAGÓGICA

Introdução teórica: Antes de iniciar a atividade prática, é importante que os alunos tenham uma breve introdução teórica sobre o que é uma bobina solenoide e como ela funciona. Além de explicar que uma bobina solenoide é um dispositivo capaz de produzir um campo magnético quando uma corrente elétrica é passada por ela. Mostre imagens e vídeos para ajudar a ilustrar o conceito.

Montagem da bobina: Em seguida, os alunos podem ser divididos em pequenos grupos para montar a bobina solenoide. Incentive-os a trabalhar em equipe e a seguir as instruções cuidadosamente.

Medição das propriedades elétricas: Uma vez que a bobina solenoide estiver montada, os alunos podem medir suas propriedades elétricas, como a resistência e a corrente elétrica. Isso ajudará a ilustrar a relação entre a corrente elétrica e o campo magnético produzido pela bobina.

Teste do campo magnético: Para testar o campo magnético produzido pela bobina solenoide, os alunos podem usar uma bússola. Incentive-os a comparar as medidas obtidas com as previsões teóricas e discutir as diferenças.

Aplicações práticas: Finalmente, os alunos podem discutir as aplicações práticas da bobina solenoide em dispositivos como motores elétricos, transformadores e sensores. Isso ajudará a contextualizar o conceito e mostrar sua relevância para o mundo real cotidiano, de forma a fixar o conteúdo e catalisar o aprendizado e interesse.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

As disciplinas de física são, por natureza, bastante teóricas e requerem um entendimento sólido de conceitos matemáticos, bem como a capacidade de aplicar esses conceitos em problemas concretos. Tendo isso em mente, com um ensino convencional e pouco imersivo, é bastante comum que os alunos enfrentem dificuldades iniciais ao se deparar com esse tipo de conteúdo, uma vez que, o caráter abstrato e matemático dos fenômenos concretos da natureza se sobrepõem ao próprio cunho prático dos fenômenos naturais durante o processo didático. De modo geral as dificuldades presentes no ensino público, em particular nas disciplinas das ciências naturais são originadas da limitação do orçamento, limitando os recursos de ensino do professor, devido principalmente à falta de infraestruturas impedindo o professor de se aprofundar por meio de experiências e demonstrações que mostre aos alunos a presença da física no cotidiano e estimule sua curiosidade pelo assunto.

Consequentemente, a falta de interesse dos alunos durante o ensino fundamental e médio causara um aprendizado dificultado de conceitos básicos. Nesse tocante, a falta de uma formação adequada em ciência nos níveis básicos pode prejudicar a absorção desses alunos para áreas de ciência e engenharia nas universidades, assim, essa dificuldade é motivo preponderante de casos de evasão universitária. Além disso, uma formação deficiente em ciência pode limitar a capacidade dos estudantes de participar de projetos de pesquisa e desenvolvimento em ciência e engenharia.

Em segundo lugar, o projeto de Ciência no Parque proveniente do Subenia Karine de Medeiros³, tem o objetivo de estimular a curiosidade da sociedade acerca das ciências integrando as atividades universitárias a comunidade, dessa forma, os jovens também são afetados por esse projeto, reconhecendo os fenômenos naturais estudados na escola no cotidiano, e assim catalisando seu interesse e aprendizado no assunto, e ficando mais preparado para o ensino superior. Dito isso, o projeto de pesquisa de kits experimentais de baixo custo visa causar um efeito semelhante do Ciência no Parque, nos alunos, resolvendo parcialmente os problemas estruturais e econômicos do ensino nas escolas públicas, ao permitir experimentos e demonstrações práticas dos fenômenos eletromagnetismo, tão presentes no cotidiano da sociedade atual.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] ARAÚJO, Mauro Sérgio Teixeira de; ABIB, Maria Lúcia Vital dos Santos. Atividades experimentais no ensino de física: diferentes enfoques, diferentes finalidades. **Revista Brasileira de ensino de física**, v. 25, p. 176-194, 2003.
- [2] ALVES, Vagner Camarini; STACHAK, Marilei. A importância de aulas experimentais no processo ensino aprendizagem em física: eletricidade. **XVI Simpósio Nacional de Ensino de Física**, p. 1-4, 2005.
- [3] LEITE, Francisco Renan Rocha Santiago; Sousa, Lázaro Luis de Lima; SORRETINO, Taciano Amaral. Aplicação de roteiros-guia para experimentação simulada na teoria sociointeracionista de Lev Vygotsky. **Peer Review**, v. 5, p. 71-87, 2023.
- [4] SÉRÉ, Marie-Geneviève; COELHO, Suzana Maria; NUNES, António Dias. O papel da experimentação no ensino da física. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 20, n. 1, p. 30-42, 2003.
- [5] BRASIL. Ministério da Educação. Base Nacional Comum Curricular: Ensino Médio. Brasília, DF: MEC, 2018.
- [6] RESNICK, R., HALLIDAY, D., & KRANE, K. S. (2009). **Eletricidade e Magnetismo**. Rio de Janeiro: LTC.
- [7] TONIDANDEL, Danny Augusto Vieira; ARAÚJO, Antônio Emílio Angueth de; BOAVENTURA, Wallace do Couto. História da eletricidade e do magnetismo: da Antiguidade à Idade Média. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 40, 2018.
- [8] CHAIB, J. P. M. C.; ASSIS, A. K. T. Experiência de Oersted em sala de aula. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 29, p. 41-51, 2007.
- [9] DIAS, Valéria Silva; MARTINS, Roberto de Andrade. Michael Faraday: o caminho da livraria à descoberta da indução eletromagnética. **Ciência & educação**, v. 10, n. 03, p. 517-530, 2004.
- [10] RODRIGUEZ, Gustavo Jesús Bracho. O porquê de estudarmos os materiais magnéticos. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 20, n. 4, p. 315, 1998.
- [11] YOUNG, H. D.; FREEDMAN, R. A. Física III: Eletromagnetismo. 12ª ed. São Paulo: Pearson, 2013.
- [12] SADIKU, Matthew N. O. Elementos de Eletromagnetismo. 5ª ed. Porto Alegre: Bookman, 2012.
- [13] ROSA, Eldward B.; GROVER, Frederick W. Formulas and Tables for the Calculation of Mutual and Self-Inductance.
- [14] BUENO, Marcelo; ASSIS, André Koch Torres. Cálculo de Indutância e Força em Circuitos Elétricos.

