

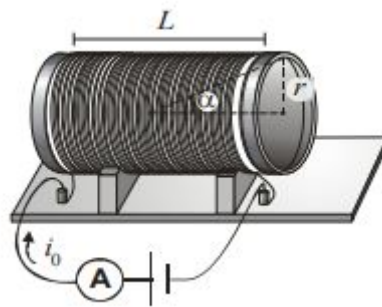
## RELATÓRIO 06: CAMPO MAGNÉTICO NO CENTRO DE UMA BOBINA

**Alunos:** Haida Lorencini, Marcone Faria e Mércia Caroline

**Data:** 16/02/2021

### 1. INTRODUÇÃO

Neste relatório serão discutidos alguns princípios referentes ao campo magnético gerado no centro de uma bobina. Sabe-se que uma carga elétrica em movimento ou uma corrente elétrica produz um campo magnético em sua vizinhança. Considere uma bobina cilíndrica de comprimento  $L$ , dotada de  $N$  espiras de raio  $r$  ligada a uma fonte de corrente como representado na figura 01:



**Figura 01** - Bobina ligada a uma fonte de corrente elétrica, produzindo um campo magnético.

Sabendo que essa corrente  $I_0$  que flui nas espiras produz um campo magnético  $B$  no centro da bobina temos que o módulo desse campo pode ser expresso por:

$$B = \frac{\mu N I_0}{L} \cos \alpha$$

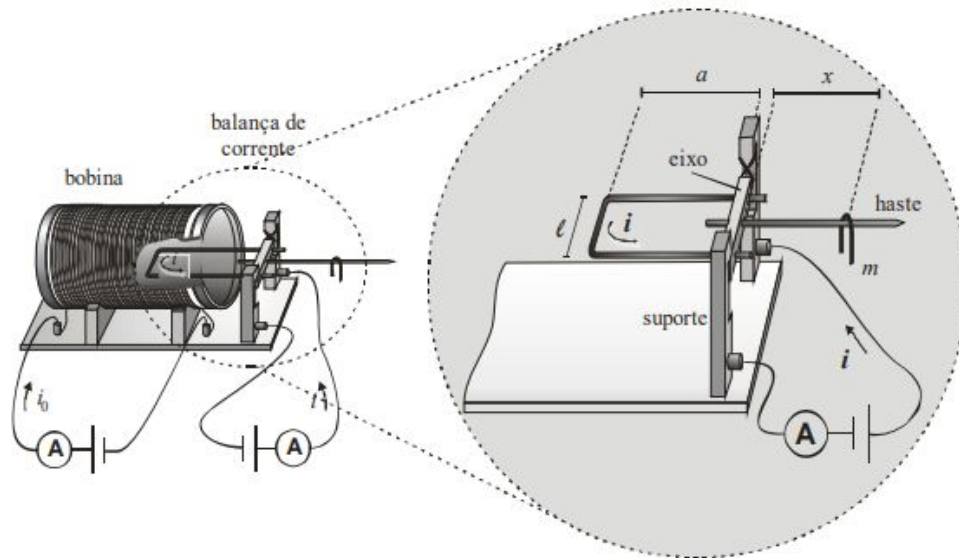
em que  $\mu$  é a permeabilidade magnética do meio no interior da bobina e  $\cos \alpha$  um fator de correção do campo introduzido devido o fato desse arranjo considerar o comprimento da bobina como finito.

A permeabilidade do ar aqui assume o valor de  $\mu_{ar} = \mu_{v\u00e1cuo} = 1,26 \times 10^{-6} Tm/A$  sendo um valor próximo a permeabilidade magnética no vácuo. Segundo a Lei de Ampère, a direção desse campo é orientada ao longo do eixo e o seu sentido é determinado pela “regra da mão direita”. É conhecido que a força que um campo magnético  $B$  exerce sobre um fio reto transportando corrente elétrica  $I$  é dada por:

$$F = Il \times B$$

sendo  $l$  um vetor dirigido ao longo do fio no sentido da corrente elétrica apresentando o mesmo módulo do comprimento do fio.

Em determinadas regiões o módulo do campo magnético pode ser determinado utilizando-se a medição dessa força. Para essa finalidade usa-se uma balança de corrente como mostrado na figura 2, que consiste em uma espira retangular de comprimento  $a$  e largura  $l$  que transporta uma corrente elétrica  $I$ . Essa espira pode girar em torno de um eixo apoiado em dois suportes verticais. Sobre esse eixo é fixado uma haste sobre a qual um objeto de massa  $m$  pode ser posicionado de modo a permitir que a espira fique em equilíbrio com o plano horizontal.



**Figura 02** - Balança de corrente utilizada para medir o campo magnético na bobina.

Considerando que essa espira é colocada no interior de uma bobina de modo que o trecho de comprimento  $l$  fique ortogonal ao campo magnético  $B$  nessa região assim como mostrado na figura 02. Assim, o campo exerce uma força sobre essa parte da espira cujo módulo é:

$$F = IlB$$

Vale ressaltar que a força que agirá sobre  $l$ , devido ao produto vetorial, terá sentido para baixo e módulo  $F = IlB \sin\left(\frac{\pi}{2}\right) = IlB$ . Já nas laterais da espira, o produto vetorial é nulo, pois  $\sin(0) = \sin(\pi) = 0$ , e por consequência, a força será nula.

Além disso, essa força produz um torque na espira cujo módulo, em relação ao seu eixo de rotação é dado por:

$$\tau = |\mathbf{r} \times \mathbf{F}| = aIlB$$

Para manter a espira nivelada horizontalmente deve-se produzir um outro torque com sentido oposto. Isso é feito colocando-se um objeto de massa  $m$  sobre a haste da balança a

uma distância  $x$  do eixo de rotação de forma a satisfazer a relação abaixo mantendo o sistema “balanceado”:

$$aIlB = mgx \quad (1)$$

O experimento que foi realizado no vídeo corresponde a determinar o campo magnético no centro da bobina será determinado por meio de medições da corrente  $I$  necessária para equilibrar a espira com o objeto em diferentes posições  $x$ .

## 2. OBJETIVOS

O objetivo deste experimento é medir o campo magnético no centro de uma bobina utilizando-se uma balança de corrente.

## 3. MATERIAIS E MÉTODOS

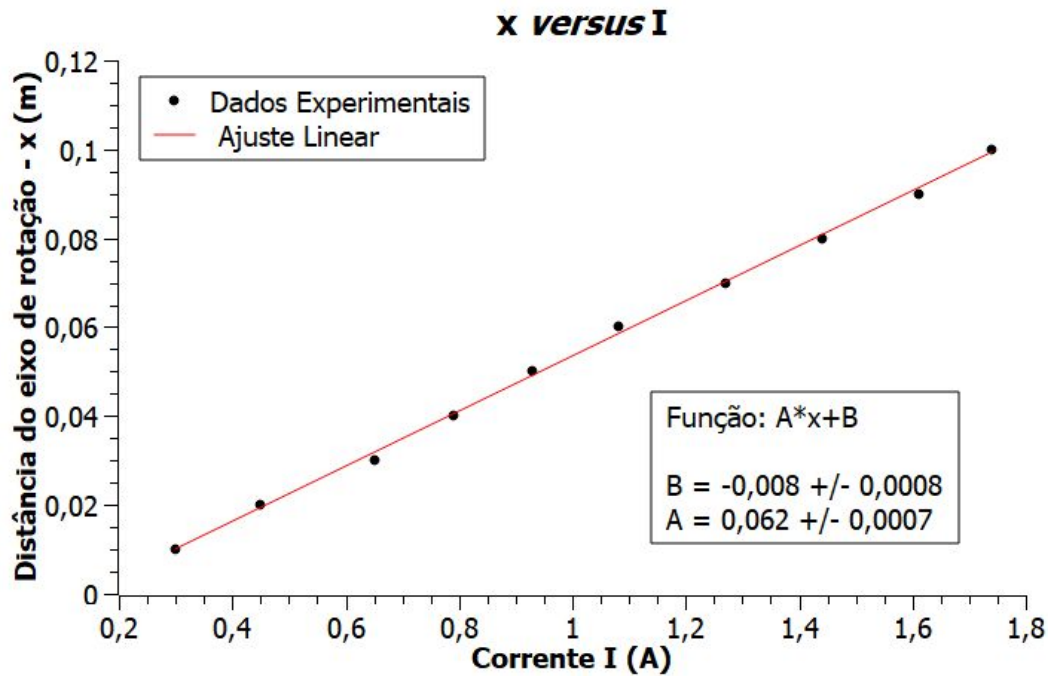
Para este experimento foram utilizados os seguintes materiais de modo a obter o resultado esperado:

- Balança de corrente;
- Bobina de seção reta circular;
- Fonte de tensão contínua para até 2A;
- Fonte de tensão contínua para até 8A;
- Objeto de massa  $m$ ;
- Dois amperímetros;
- Fios para ligação e laser tipo caneta;

Com o auxílio da balança de corrente e do laser (fixado juntamente a haste da balança), o objeto de massa  $0,62 \pm 0,05$  g é posicionado a diferentes distâncias. Para diferentes distâncias a balança é descalibrada necessitando que uma alteração na corrente seja feita de modo que o laser aponte para um ponto fixo que corresponde ao ponto nivelado com o plano horizontal. Feito isso os dados são amostrados e colocados na tabela :

<b>I(A)</b>	0,3	0,45	0,65	0,79	0,93	1,08	1,27	1,44	1,61	1,74
<b>D(cm)</b>	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10

Com o uso do software SciDAVIS foi feito o gráfico de  $x$  versus  $I$  através da tabela acima e seu ajuste linear, registrados abaixo:



#### 4. RESULTADOS

Manipulando a equação (1) obtemos a seguinte relação de x em função de I:

$$\frac{alB}{mg} I = x$$

e de acordo com o ajuste linear do gráfico,  $A_{slope} = \frac{alB}{mg}$ , sendo assim  $B = \frac{A_{slope}mg}{al}$ .

Sabendo-se que o valor da massa do objeto é  $0,00062 \pm 0,00005$  kg, a gravidade  $9,8$  m/s<sup>2</sup>,  $a = 0,112$  m e  $l = 0,0625$  m, calculamos o valor de B:

$$B = \frac{0,062 \cdot 0,00062 \cdot 9,8}{0,112 \cdot 0,0625} = 0,054 = 5,4 \cdot 10^{-4} T$$

Como a bobina da balança de corrente tem 10 espiras o campo magnético é dividido por 10, isto é:  $\frac{B_{campo}}{10} = B$ . Logo,  $B_{campo} = 5,4 \cdot 10^{-3} T = 5,4$  mT

Posteriormente, calculou-se a incerteza do resultado:

$$\Delta B = \sqrt{\left(\frac{\Delta a}{a}\right)^2 + \left(\frac{\Delta l}{l}\right)^2 + \left(\frac{\Delta m}{m}\right)^2 + \left(\frac{\Delta g}{g}\right)^2 + \left(\frac{\Delta A}{A}\right)^2} = 0,52$$

Dessa forma o campo magnético experimental no centro da bobina é:

$$B = (5,4 \pm 0,5) \text{ mT}$$

### Cálculo do campo magnético teórico

Através da fórmula  $B = \frac{\mu N I_0}{L} \cos \alpha$  e com base nos dados fornecidos, podemos calcular o valor teórico do campo magnético e sua respectiva incerteza.

$$\mu_{ar} = \mu_{v\u00e1cuo} = 1,26 \times 10^{-6} Tm/A$$

$$N = 850 \text{ voltas}$$

$$I_0 = 1,32 \pm 0,01 A$$

$$L = 0,166 \pm 0,001 m$$

$$r = 0,035 \pm 0,0005 m$$

Utilizando-se das relações trigonom\u00e9tricas \u00e9 poss\u00edvel calcular o valor do  $\cos \alpha$ :

$$\cos \alpha = \frac{L/2}{\sqrt{r^2 + (L/2)^2}} = \frac{0,083}{\sqrt{0,035^2 + 0,083^2}} = 0,9$$

$$\text{Com Isso, } B = \frac{1,26 \times 10^{-6} \cdot 850 \cdot 1,32}{0,166} \cdot 0,9 = 0,0076 = 7,6 mT$$

Para calcular a incerteza de B, usaremos a f\u00f3rmula:

$$\Delta B = B \sqrt{\left(\frac{\Delta I_0}{I_0}\right)^2 + \left(\frac{\Delta L}{L}\right)^2 + \left(\frac{\Delta \cos \alpha}{\cos \alpha}\right)^2}$$

$$\text{onde } \Delta \cos \alpha = \cos \alpha \sqrt{\left(\frac{\Delta L/2}{L/2}\right)^2 + \left(\frac{1}{2} \sqrt{(2 \cdot \frac{\Delta r}{r})^2 + (2 \cdot \frac{\Delta L/2}{L/2})^2}\right)^2}.$$

Temos ent\u00e3o a incerteza de B, que \u00e9 igual a  $\Delta B = 0,8$  e por fim, o campo magn\u00e9tico te\u00f3rico ser\u00e1:  $B = (7,6 \pm 0,8) mT$

### 5. CONCLUS\u00c3O

Portanto, conclui-se que o valor encontrado para o campo magn\u00e9tico no centro da bobina est\u00e1 dentro da faixa esperada, j\u00e1 que  $B_{\text{Tesl\u00e2metro}} = 6,35 mT$  e que  $B_{\text{Experimental}} < B_{\text{Tesl\u00e2metro}} < B_{\text{Te\u00f3rico}}$  est\u00e3o muito pr\u00f3ximos. Tais diferen\u00e7as devem-se \u00e0s incertezas geradas pelos equipamentos utilizados no experimento.