

TRABALHO 2.1:

Bobinas de Helmholtz

Índice

1. Resumo

2. Introdução

3.

3.1. Parte A

3.1.1. Procedimento

3.1.2. Resultados

3.1.3. Erros

3.2. Parte B

3.2.1. Procedimento

3.2.2. Resultados

3.2.3. Erros

4. Conclusão e Contribuição dos autores

Resumo

Nesta experiência laboratorial, pretende-se atingir quatro objetivos: na Parte A, o objetivo é encontrar a Constante de calibração(cc); na Parte B, os objetivos são a medição do campo magnético entre duas bobinas, estabelecimento da configuração de Helmholtz, medição do campo magnético ao longo do eixo das bobinas e verificação do Princípio da Sobreposição.

- Parte A:
 - $cc = 0,0301$;
- Parte B:
 - O Princípio da Sobreposição é verificado nesta atividade;
 - Número de espiras de cada bobina: 171;

Introdução

A experiência laboratorial está dividida em duas partes: Parte A e Parte B.

Na Parte A, o objetivo é a obtenção de um gráfico do tipo $B \times I_s$ a partir dos valores da corrente (I_s), do circuito montado e dos valores que a sonda de Hall regista através de um potenciômetro (V_h); sendo, o objetivo principal, encontrar o valor da Constante de calibração (cc).

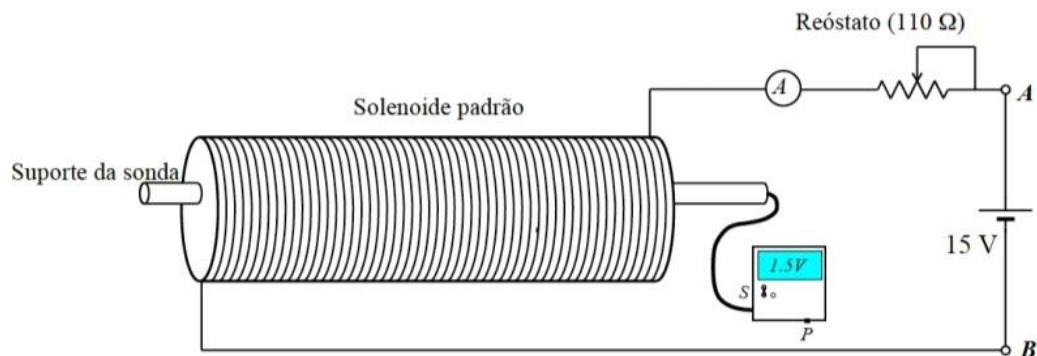
Estes objetivos são obtidos através das seguintes expressões:

$$\begin{cases} B = \mu_0 \frac{N}{L} I_s \\ B = cc V_h \end{cases}$$

Na Parte B, pretende-se verificar o Princípio da Sobreposição para o campo magnético, num circuito composto por fonte de alimentação, reóstato, bobinas, sonda de Hall e restantes aparelhos necessários à medição dos valores. A partir da criação de um gráfico, avaliamos a variação do campo ao longo de várias posições, com o propósito da verificação do Princípio da Sobreposição. Pretende-se, também, calcular o número de espiras de cada bobina.

Parte A – Calibração da sonda de Hall

Procedimento



Verifica-se a presença dos materiais necessários para a realização da experiência, estando ligados de forma a fazer um circuito fechado, como está representado na imagem anterior.

- Coloca-se a sonda de Hall no meio do solenoide de modo a aproximar-se o máximo de um solenoide infinito;
- De seguida, sucede-se à verificação do potenciômetro, corroborando se este está nulo na ausência de um campo magnético. Caso não esteja nulo, realizar as alterações necessárias antes de começar;

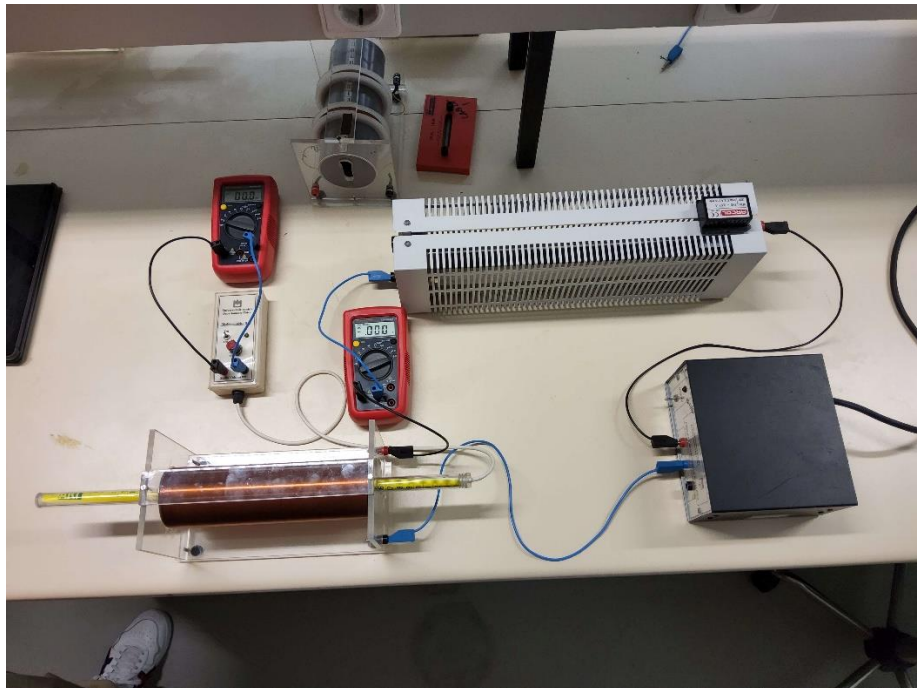


Figura 1 - Circuito Parte A

- Por fim, com o reóstato, varia-se o valor da corrente elétrica I_s (A) e de V_h (V).

Resultados

A tabela seguinte demonstra os valores obtidos de I_s e do seu V_h correspondente.

| | | | | | | | | | | | | | |
|-----------|---|-------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| I_s (A) | 0 | 0,050 | 0,10 | 0,160 | 0,20 | 0,260 | 0,30 | 0,350 | 0,398 | 0,447 | 0,504 | 0,556 | 0,610 |
| V_h (v) | 0 | 0,072 | 0,0147 | 0,0234 | 0,0292 | 0,0378 | 0,0437 | 0,0507 | 0,0577 | 0,6470 | 0,0730 | 0,0805 | 0,0882 |

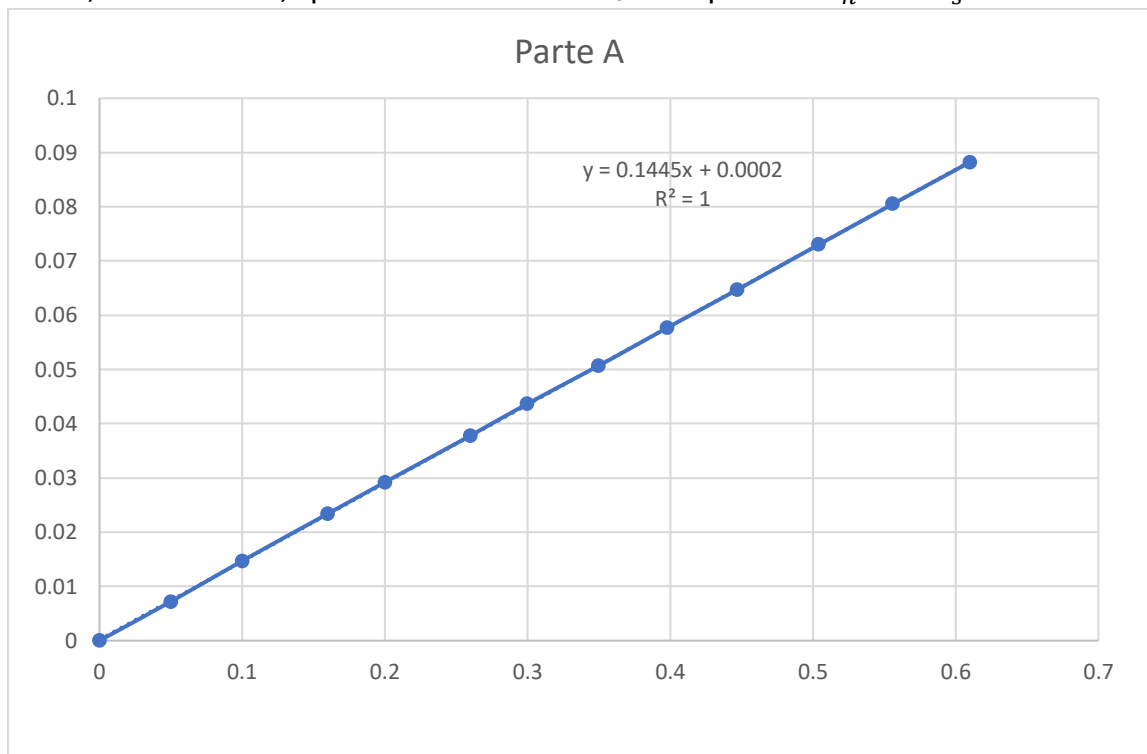
Utilizando as seguintes equações, consegue-se a criação de um gráfico que relaciona I_s com V_h .

$$\begin{cases} B = \mu_0 \frac{N}{L} I_s \\ B = cc V_h \end{cases} \equiv V_h = \frac{\mu_0 N}{cc L} I_s$$

$$\mu_0 = 4\pi \times 10^{-7} \text{ Tm/A}$$

$$\frac{N}{L} = 3467 \pm 60 \text{ Espiras/m}$$

Considerando-se que $m = \frac{\mu_0 N}{cc L}$, então pode-se considerar a equação de um gráfico linear, de declive m , que relaciona V_h com I_s de expressão $V_h = m I_s$.



Após a obtenção do gráfico, calcula-se o erro do seu declive m :

$$\Delta m = |M| \sqrt{\frac{\frac{1}{R^2} - 1}{N - 2}} \quad \Delta m = 0$$

Por fim, descobre-se o valor da constante de calibração, e o seu respetivo erro, através das expressões:

$$cc = \frac{\mu_0 N}{m L} \quad cc = 0,0301$$

$$\Delta cc = \left| \frac{dcc}{dm} \right| \Delta m + \left| \frac{dcc}{d \frac{N}{L}} \right| \Delta \frac{N}{L} \quad \Delta cc = 0,00052$$

Erros

Possíveis erros que podem ter ocorrido durante a experiência:

- A posição da sonda de Hall no selenoide pode não ter sido exata, pois foi posta a olho, logo os valores registados podem variar, dependendo da posição da sonda relativa ao selenoide;
- Como existe tensão residual, quando a sonda de Hall está fora do selenoide, esta irá registar valores, apesar de não estar num campo magnético. Se estes valores não forem nulos, os valores a registar irão ser diferentes;
- Por fim, os valores registados no amperímetro e no potenciómetro, estão numa escala superior ao dos valores obtidos, logo, com os arredondamentos, os valores afastar-se-ão dos valores originais.

Parte B – Verificação do Princípio da Sobreposição do campo magnético

Procedimento

Para a preparação da Parte experimental B, coloca-se as bobinas na configuração de Helmholtz, existindo, entre ambas, uma distância inalterável de 3,75 cm, que corresponde ao raio das bobinas.

Para se proceder à montagem do circuito, liga-se uma fonte de 15V, ajusta-se o reóstato para o valor fixo de 0,50A e conecta-se o mesmo às bobinas. Realiza-se, então, medição e registo dos resultados com a sonda de Hall.

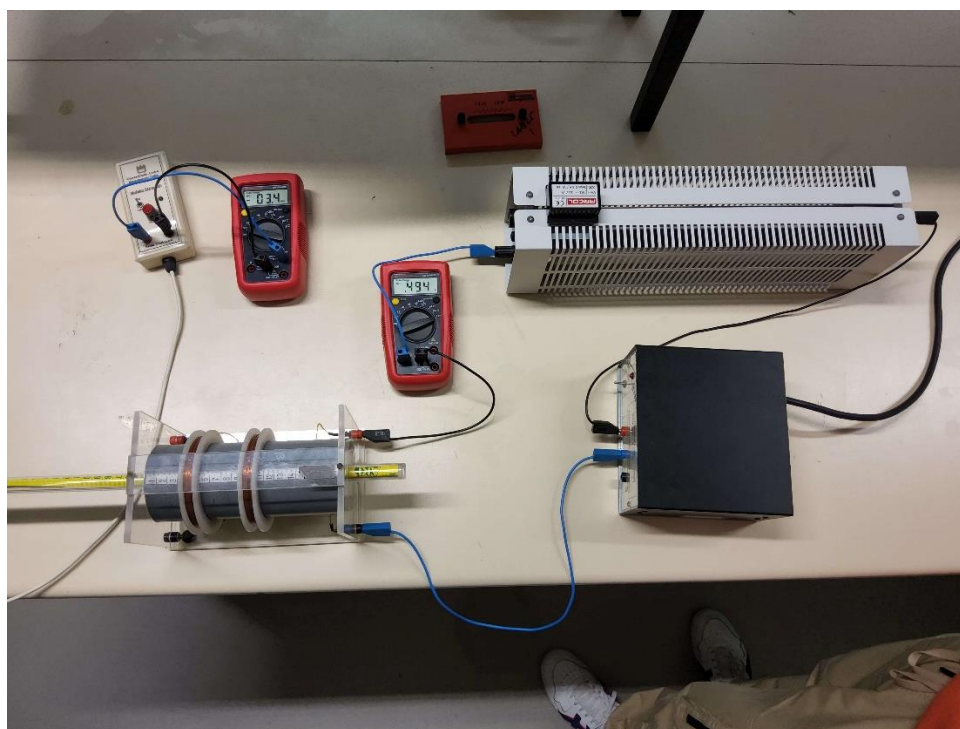


Figura 2 - Circuito Parte B

Resultados

Tabela 1

| Posição | V1 (V) | V2 (V) | V3 (V) |
|---------|--------|--------|--------|
| 0,00 | 0,0034 | 0,0195 | 0,0234 |
| 1,00 | 0,0045 | 0,0264 | 0,0319 |
| 2,00 | 0,0063 | 0,0341 | 0,0420 |
| 3,00 | 0,0087 | 0,0380 | 0,0485 |
| 4,00 | 0,0125 | 0,0354 | 0,0482 |
| 5,00 | 0,0175 | 0,0282 | 0,0449 |
| 6,00 | 0,0249 | 0,0206 | 0,0441 |
| 7,00 | 0,0320 | 0,0142 | 0,0466 |
| 8,00 | 0,0375 | 0,0100 | 0,0483 |
| 9,00 | 0,0364 | 0,0070 | 0,0443 |
| 10,0 | 0,0302 | 0,0050 | 0,0353 |
| 11,0 | 0,0219 | 0,0037 | 0,0255 |
| 12,0 | 0,0159 | 0,0028 | 0,0176 |
| 13,0 | 0,0109 | 0,0022 | 0,0123 |
| 14,0 | 0,0076 | 0,0015 | 0,0087 |
| 15,0 | 0,0056 | 0,0012 | 0,0064 |
| 16,0 | 0,0041 | 0,0009 | 0,0048 |

Começa-se por ligar o reóstato a uma bobina, registrando os valores da tensão numa folha *Excel*, com a introdução da sonda de Hall no centro da bobina. Este registo é feito a cada centímetro, por 18 centímetros. Utiliza-se o mesmo processo para a segunda bobina. Por fim, liga-se o circuito em série (V3), verificando-se a montagem, e a inexistência de valores de tensão negativos. Anota-se os valores pelo mesmo processo.

Após o registo de todos os valores, verifica-se que o maior valor (destacado) de cada coluna, representa a altura em que se passa no centro da bobina ou no meio de ambas, como é o caso da última coluna da **Tabela 1**.

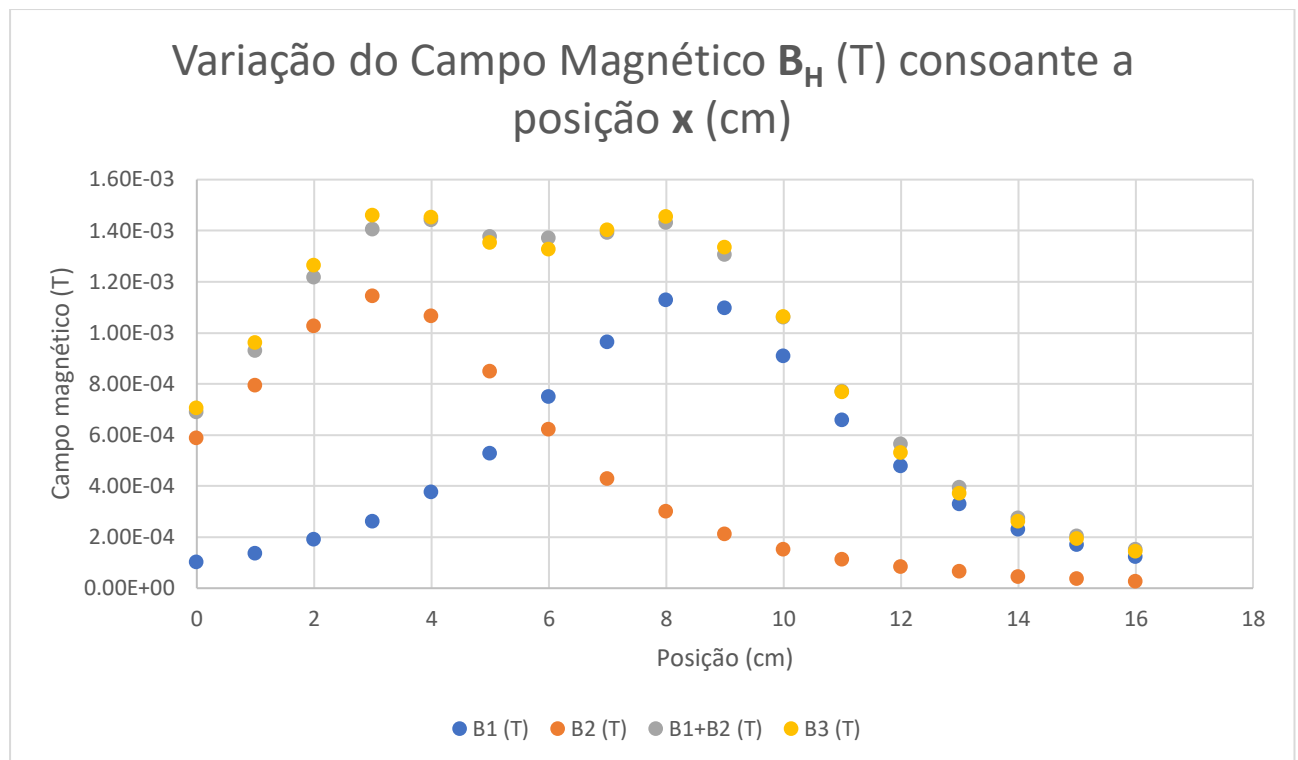
Tabela 2

| B1 (T) | B2 (T) | B1+B2 (T) | B3(T) |
|----------|----------|-----------|----------|
| 1,02E-04 | 5,87E-04 | 6,89E-04 | 7,04E-04 |
| 1,35E-04 | 7,95E-04 | 9,30E-04 | 9,60E-04 |
| 1,90E-04 | 1,03E-03 | 1,22E-03 | 1,26E-03 |
| 2,62E-04 | 1,14E-03 | 1,41E-03 | 1,46E-03 |
| 3,76E-04 | 1,07E-03 | 1,44E-03 | 1,45E-03 |
| 5,27E-04 | 8,49E-04 | 1,38E-03 | 1,35E-03 |
| 7,49E-04 | 6,20E-04 | 1,37E-03 | 1,33E-03 |
| 9,63E-04 | 4,27E-04 | 1,39E-03 | 1,40E-03 |
| 1,13E-03 | 3,01E-04 | 1,43E-03 | 1,45E-03 |
| 1,10E-03 | 2,11E-04 | 1,31E-03 | 1,33E-03 |
| 9,09E-04 | 1,51E-04 | 1,06E-03 | 1,06E-03 |
| 6,59E-04 | 1,11E-04 | 7,71E-04 | 7,68E-04 |
| 4,79E-04 | 8,43E-05 | 5,63E-04 | 5,30E-04 |
| 3,28E-04 | 6,62E-05 | 3,94E-04 | 3,70E-04 |
| 2,29E-04 | 4,52E-05 | 2,74E-04 | 2,62E-04 |
| 1,69E-04 | 3,61E-05 | 2,05E-04 | 1,93E-04 |
| 1,23E-04 | 2,71E-05 | 1,51E-04 | 1,44E-04 |

De seguida, completou-se a **Tabela 2** com os valores do campo magnético, calculando-os através da expressão $B = Cc * V_H$, onde Cc é a constante de calibração, que fora já calculada na Parte A, e V_H os valores da **Tabela 1**.

Desta vez, para além do registo dos valores para cada uma das bobinas e para o circuito em série, realiza-se a soma dos campos produzidos em **B1+B2**. A partir daqui, estão reunidos os dados necessários para a criação do gráfico da variação do campo magnético B_H relativamente à posição x .

Gráfico 1



O **Gráfico 1** corrobora o **Princípio da Sobreposição do campo magnético**, apesar da diferença de valores entre o circuito em série e soma de ambas as bobinas.

| | |
|------------------------------|-------------------------|
| Raio das bobinas | $0,0375 \pm 0,0005$ (m) |
| Campo produzido por 1 espira | $\pi \times 10^{-7}$ |
| Número de espiras | 171 ± 6 |

O último passo desta atividade experimental passa pelo cálculo do número de espiras de cada bobina, utilizando a expressão $B(x) = \frac{\mu_0}{2} \frac{I.R^2}{(R^2+x^2)^{3/2}}$, que representa o campo produzido por uma espira. Recorrendo a uma regra de três simples, utiliza-se o campo máximo produzido em **B1+B2** para se chegar ao resultado, dividindo-se por 2. Assim, conclui-se que cada bobina seria constituída por 171 espiras.

Para o cálculo do erro correspondente ao número de espiras, utiliza-se a expressão

$$\Delta N = \left| \frac{B_{exp}}{B_t} \right| \Delta B_{exp} + \left| \frac{B_{exp}}{B_t} \right| \Delta B_t = 6;$$

Com B_t sendo obtido através de cálculos teóricos e o B_{exp} obtido pelas medições experimentais.

$$B_{exp} = cc \times V_h$$

$$B_t = \frac{\mu_0 I}{2R}$$

Erros

Para além dos erros dos instrumentos de medição, houve vários erros cometidos na resolução desta experiência. Inicialmente verificou-se que a sonda de Hall não tinha a régua direita, apesar de não representar um grande obstáculo à realização da experiência.

Enquanto os valores das bobinas a trabalhar individualmente foram medidos com uma corrente elétrica de 0.495 A, houve uma pequena alteração neste valor enquanto mudávamos o circuito, sendo que quando ambas estavam ligadas, a medição foi feita com a corrente a 0.500 A.

Por último, a maior fonte de erro, foi o posicionamento errado das bobinas, tal como pode ser observado na **Figura 2**, na qual se pode verificar que a distância entre as bobinas é maior do que o raio de ambas, pois foi medida a distância final de uma bobina ao início da outra, quando se deveria ter usado o centro de massa ambas as bobinas.

Conclusão

Apesar de conseguirmos verificar o valor da c_c (constante de calibração) na parte A desta experiência, os resultados obtidos na parte B não foram os esperados, devido aos erros supramencionados. Contudo, consegue-se verificar o comportamento do campo magnético consoante a distância do solenoide ao centro de massa de cada bobina.

Contribuição dos Autores:

- António Moreira:
 - 34%
- Rúben Pequeno:
 - 33%
- Filipe Sousa:
 - 33%