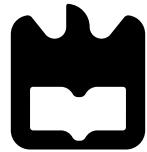


# Bobinas de Helmholtz

Universidade de Aveiro

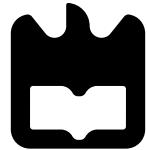
João Figueiredo, José Mota, Orlando Marinheiro



# Bobinas de Helmholtz

Dept. de Eletrónica, Telecomunicações e Informática  
Universidade de Aveiro

(112930) joaofafigueiredo@ua.pt, (113985) jfteixeiramota@ua.pt, (114060)  
orlandomarinheiro@ua.pt



## **Resumo**

O trabalho abordou o estudo das Bobinas de Helmholtz, concentrando-se em aspectos fundamentais como a calibração de uma sonda de efeito de Hall usando um solenoide, medição do campo magnético ao longo do eixo de duas bobinas estreitas, e a verificação do princípio da sobreposição em uma configuração de Helmholtz. A atividade revelou a eficiência das Bobinas de Helmholtz na criação de um campo magnético uniforme. Através da calibração precisa da sonda de Hall e da análise rigorosa dos dados obtidos, foi possível confirmar o princípio da sobreposição do campo magnético, um aspecto central da teoria eletromagnética. Este princípio foi evidenciado pela consistência dos campos magnéticos medidos quando as bobinas eram usadas isoladamente e em série.

# Conteúdo

|          |   |           |
|----------|---|-----------|
| <b>1</b> | <b>Introdução</b>   | <b>1</b>  |
| <b>2</b> | <b>Detalhes experimentais relevantes</b>  | <b>2</b>  |
| 2.1      | Material Utilizado . . . . .  | 3         |
| 2.2      | Procedimento experimental . . . . .   | 3         |
| 2.2.1    | Parte A – Calibração da sonda de Hall . . . . .                                     | 3         |
| 2.2.2    | Parte B – Verificação do princípio da sobreposição para o campo magnético . . . . . | 4         |
| <b>3</b> | <b>Análise e tratamento de dados</b>  | <b>7</b>  |
| 3.1      | Parte A – Calibração da sonda de Hall . . . . .                                     | 7         |
| 3.2      | Parte B – Verificação do princípio da sobreposição para o campo magnético . . . . . | 8         |
| <b>4</b> | <b>Conclusões</b>   | <b>10</b> |

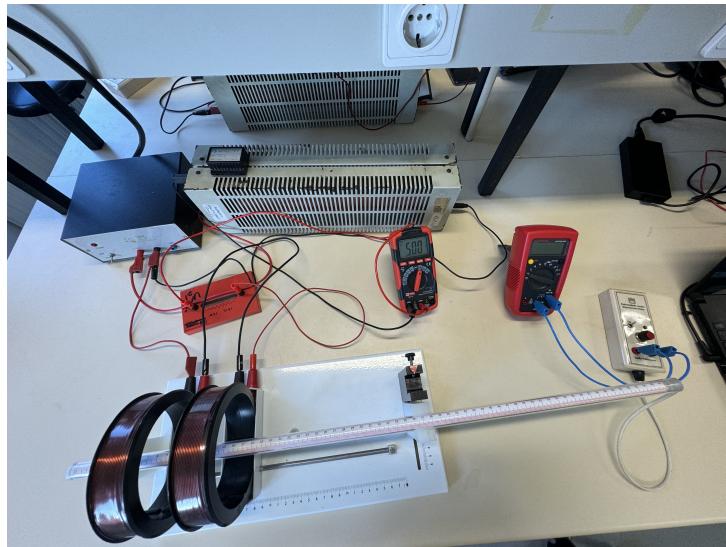
# **Capítulo 1**

## **Introdução**

Esta atividade foca no estudo de campos magnéticos gerados por solenóides e bobinas de Helmholtz. Exploramos como correntes elétricas criam campos magnéticos, usando as Leis de Biot-Savart e Ampère como base teórica. Os solenóides, com as suas espiras alinhadas, e as bobinas de Helmholtz, com dois enrolamentos paralelos, são exemplos centrais que são essenciais para entender campos magnéticos uniformes.

## **Capítulo 2**

# **Detalhes experimentais relevantes**



Neste capítulo, serão demonstrados todos os detalhes experimentais relevantes no âmbito da atividade laboratorial. Descreveremos de forma detalhada todos os passos da montagem da experiência, apresentaremos a lista do material utilizado, o número de medidas a serem efetuadas, bem como as principais precauções a serem tomadas na realização da atividade.

## 2.1 Material Utilizado

Para a realização da atividade experimental foi utilizado o seguinte material:

- Voltímetro;
- Amperímetro;
- Bobinas de Helmholtz;
- Resistência elétrica;
- Fonte de alimentação;
- Medidor efeito Hall;
- Solenóide (Figura 2.1)

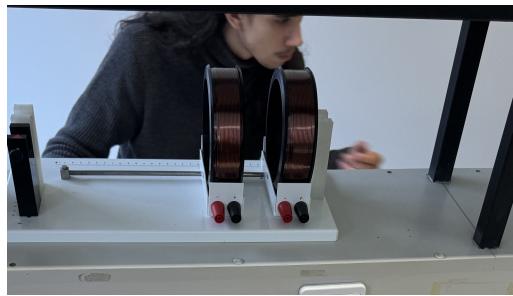


Figura 2.1: solenóide

## 2.2 Procedimento experimental

A atividade laboratorial foi subdividida em duas fases, sendo a Parte A realizada na primeira aula e a B realizada na aula seguinte.

### 2.2.1 Parte A – Calibração da sonda de Hall

Usando o “comutador” existente na nossa unidade de controlo da sonda de Hall, fechamos o circuito de modo que passasse corrente elétrica na sonda (luz de sinal acesa). Ligamos os terminais da sonda à entrada do amplificador. Conectamos um voltímetro à saída do amplificador.

Observamos, no voltímetro, a tensão de Hall amplificada. Na ausência de campo magnético, a tensão  $V_H$  deveria ser nula. Se isso não acontecesse, anulamos a tensão residual atuando no potenciômetro da nossa unidade de controlo (P).

Utilizando o solenoide-padrão, montamos o circuito que está representado a baixo.

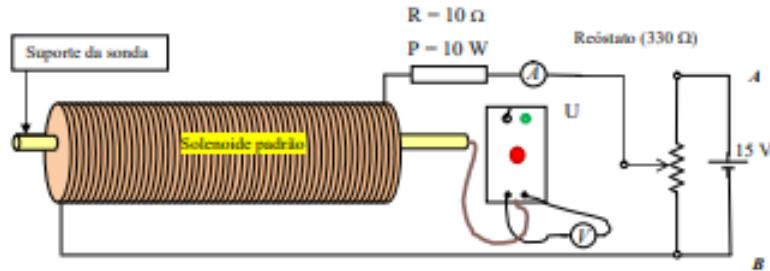


Figura 2.2: Esquema de montagem experimental A

Posteriormente, registamos o valor de  $N/l$  e o respetivo erro para o enrolamento que usamos:

$$\frac{N}{l} = 3467 \pm 60 \text{ (esp/m)} \quad (2.1)$$

Variamos a corrente  $I_s$  que percorre o solenoide e de seguida registamos o  $V_h$  para 10 valores diferentes de  $I_s$

| $I_s \pm 0.001 \text{ A}$ | 0 | 0.009                 | 0.021                 | 0.034                 | 0.046                 | 0.062                 | 0.081                 | 0.109                 | 0.146                 | 0.262                 | 0.556                 |
|---------------------------|---|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|
| $V_h \pm 0.001 \text{ V}$ | 0 | $1.30 \times 10^{-3}$ | $3.00 \times 10^{-3}$ | $5.10 \times 10^{-3}$ | $6.70 \times 10^{-3}$ | $9.20 \times 10^{-3}$ | $1.21 \times 10^{-2}$ | $1.64 \times 10^{-2}$ | $2.19 \times 10^{-2}$ | $3.94 \times 10^{-2}$ | $8.15 \times 10^{-2}$ |

## 2.2.2 Parte B – Verificação do princípio da sobreposição para o campo magnético

Colocamos as duas bobinas na disposição geométrica de Helmholtz, mantendo nessa posição ao longo de toda a parte B do trabalho. Procedemos ao registo dos dados relevantes: Raio das bobinas e posição do centro das bobinas na escala acoplada às bobinas.

$$R_1 = 6.5 \pm 0.05 \text{ cm} \quad \text{e} \quad R_2 = 6.5 \pm 0.05 \text{ cm}$$

$$X_{01} = 0 \pm 0.05 \text{ cm} \quad \text{e} \quad X_{02} = 6.5 \pm 0.05 \text{ cm}$$

Posteriormente, foi substituído no circuito um solenoide por uma das bobinas. De seguida a intensidade da corrente foi ajustada para:

$$I = 0,50 \pm 0,001 \text{ A}$$

Registo dos valores  $V_H(x)$

| Tabela 1 (Bobine 1) |                       |                       |
|---------------------|-----------------------|-----------------------|
| $x \pm 0.05$        | $V_H \pm 0.001$       | $B$                   |
| 1                   | $8.50 \times 10^{-3}$ | $2.52 \times 10^{-4}$ |
| 2                   | $1.03 \times 10^{-2}$ | $3.05 \times 10^{-4}$ |
| 3                   | $1.29 \times 10^{-2}$ | $3.82 \times 10^{-4}$ |
| 4                   | $1.49 \times 10^{-2}$ | $4.41 \times 10^{-4}$ |
| 5                   | $1.68 \times 10^{-2}$ | $4.97 \times 10^{-4}$ |
| 6                   | $1.77 \times 10^{-2}$ | $5.24 \times 10^{-4}$ |
| 7                   | $1.76 \times 10^{-2}$ | $5.21 \times 10^{-4}$ |
| 8                   | $1.65 \times 10^{-2}$ | $4.88 \times 10^{-4}$ |
| 9                   | $1.45 \times 10^{-2}$ | $4.29 \times 10^{-4}$ |
| 10                  | $1.23 \times 10^{-2}$ | $3.64 \times 10^{-4}$ |
| 11                  | $1.03 \times 10^{-2}$ | $3.05 \times 10^{-4}$ |
| 12                  | $8.40 \times 10^{-3}$ | $2.49 \times 10^{-4}$ |
| 13                  | $6.70 \times 10^{-3}$ | $1.98 \times 10^{-4}$ |
| 14                  | $5.30 \times 10^{-3}$ | $1.57 \times 10^{-4}$ |
| 15                  | $4.40 \times 10^{-3}$ | $1.30 \times 10^{-4}$ |
| 16                  | $3.60 \times 10^{-3}$ | $1.07 \times 10^{-4}$ |
| 17                  | $3.10 \times 10^{-3}$ | $9.18 \times 10^{-5}$ |
| 18                  | $2.70 \times 10^{-3}$ | $7.99 \times 10^{-5}$ |

| Tabela 2 (Bobine 2) |                       |                       |
|---------------------|-----------------------|-----------------------|
| $x \pm 0.05$        | $V_H \pm 0.001$       | $B$                   |
| 1                   | $3.80 \times 10^{-3}$ | $1.12 \times 10^{-4}$ |
| 2                   | $4.50 \times 10^{-3}$ | $1.33 \times 10^{-4}$ |
| 3                   | $5.40 \times 10^{-3}$ | $1.59 \times 10^{-4}$ |
| 4                   | $6.60 \times 10^{-3}$ | $1.95 \times 10^{-4}$ |
| 5                   | $8.30 \times 10^{-3}$ | $2.46 \times 10^{-4}$ |
| 6                   | $1.02 \times 10^{-2}$ | $3.02 \times 10^{-4}$ |
| 7                   | $1.23 \times 10^{-2}$ | $3.64 \times 10^{-4}$ |
| 8                   | $1.45 \times 10^{-2}$ | $4.29 \times 10^{-4}$ |
| 9                   | $1.62 \times 10^{-2}$ | $4.79 \times 10^{-4}$ |
| 10                  | $1.75 \times 10^{-2}$ | $5.18 \times 10^{-4}$ |
| 11                  | $1.76 \times 10^{-2}$ | $5.21 \times 10^{-4}$ |
| 12                  | $1.68 \times 10^{-2}$ | $4.97 \times 10^{-4}$ |
| 13                  | $1.50 \times 10^{-2}$ | $4.44 \times 10^{-4}$ |
| 14                  | $1.29 \times 10^{-2}$ | $3.82 \times 10^{-4}$ |
| 15                  | $1.06 \times 10^{-2}$ | $3.14 \times 10^{-4}$ |
| 16                  | $8.70 \times 10^{-3}$ | $2.58 \times 10^{-4}$ |
| 17                  | $6.90 \times 10^{-3}$ | $2.04 \times 10^{-4}$ |
| 18                  | $5.60 \times 10^{-3}$ | $1.66 \times 10^{-4}$ |

| Tabela 3 (Bobine 1 + Bobine 2) |                       |                       |
|--------------------------------|-----------------------|-----------------------|
| $x \pm 0.05$                   | $V_H \pm 0.001$       | $B$                   |
| 1                              | $1.03 \times 10^{-2}$ | $3.05 \times 10^{-4}$ |
| 2                              | $1.25 \times 10^{-2}$ | $3.7 \times 10^{-4}$  |
| 3                              | $1.55 \times 10^{-2}$ | $4.60 \times 10^{-4}$ |
| 4                              | $1.82 \times 10^{-2}$ | $5.39 \times 10^{-4}$ |
| 5                              | $2.02 \times 10^{-2}$ | $5.97 \times 10^{-4}$ |
| 6                              | $2.21 \times 10^{-2}$ | $6.54 \times 10^{-4}$ |
| 7                              | $2.37 \times 10^{-2}$ | $7.01 \times 10^{-4}$ |
| 8                              | $2.41 \times 10^{-2}$ | $7.13 \times 10^{-4}$ |
| 9                              | $2.43 \times 10^{-2}$ | $7.19 \times 10^{-4}$ |
| 10                             | $2.43 \times 10^{-2}$ | $7.19 \times 10^{-4}$ |
| 11                             | $2.43 \times 10^{-2}$ | $7.19 \times 10^{-4}$ |
| 12                             | $2.43 \times 10^{-2}$ | $7.19 \times 10^{-4}$ |
| 13                             | $2.38 \times 10^{-2}$ | $7.04 \times 10^{-4}$ |
| 14                             | $2.27 \times 10^{-2}$ | $6.72 \times 10^{-4}$ |
| 15                             | $2.07 \times 10^{-2}$ | $6.13 \times 10^{-4}$ |
| 16                             | $1.79 \times 10^{-2}$ | $5.30 \times 10^{-4}$ |
| 17                             | $1.52 \times 10^{-2}$ | $4.50 \times 10^{-4}$ |
| 18                             | $1.26 \times 10^{-2}$ | $3.73 \times 10^{-4}$ |

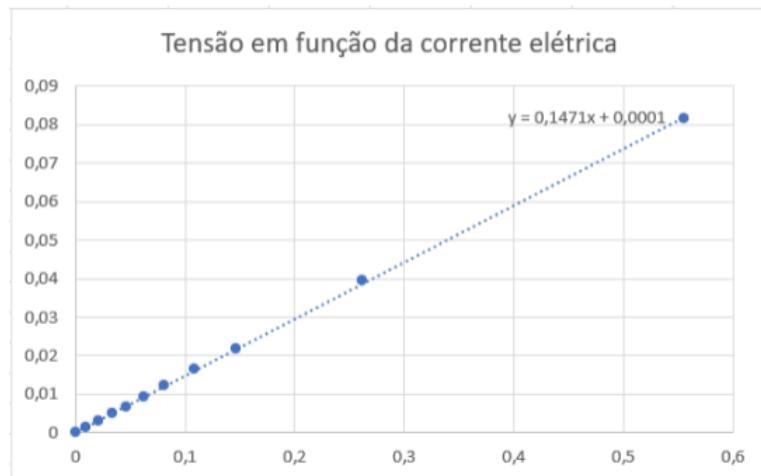
# Capítulo 3

## Análise e tratamento de dados

Neste capítulo serão mostrados todos os cálculos efetuados e todos os dados coletados no âmbito da atividade laboratorial. Para além será feita uma discussão dos resultados obtidos, bem como uma comparação dos resultados experimentais com as expectativas teóricas.

### 3.1 Parte A – Calibração da sonda de Hall

Comecemos por representar graficamente  $V_h = f(I_s)$



$$B = C_C \times T \Leftrightarrow C_C \times T = \frac{\mu_0 \times N}{l} \Leftrightarrow C_C = \frac{\mu_0}{T} \times \frac{N}{l} \times I$$

Como  $\frac{I}{T} = 0.1471$ , temos que:

$$C_C = \frac{\mu_0}{0.1471} \times \frac{N}{L} = \frac{4\pi \times 10^{-7}}{0.1471} \times 3467 \approx 0.0296$$

### 3.2 Parte B – Verificação do princípio da sobreposição para o campo magnético

Através da seguinte formula:

$$\vec{B}(x) = \frac{\mu_0 I R^2}{2(R^2 + (x - x_0)^2)^{3/2}}$$

Podemos deduzir que o campo magnético atinge seu valor máximo,  $B_{HMax}$ , no ponto médio da porção do eixo entre as bobinas ( $x = x_0$ ).

Sendo assim, temos que:

$$\vec{B}(x) = \frac{\mu_0 I R^2}{2(R^2 + (x - x_0)^2)^{3/2}} = \frac{\mu_0 I R^2}{2R^3} = \frac{\mu_0 I}{2R}$$

Substituindo os valores, temos que:

$$B_{HMax} = \frac{\mu_0 I}{2R} = \frac{4\pi \times 10^{-7} \times 0.50}{2 \times 0.065} = 4.83 \times 10^{-6}$$

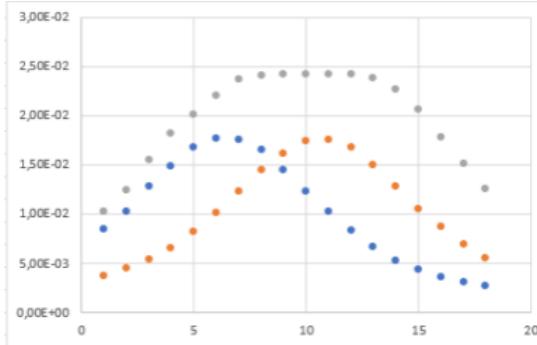
Usando a equação 9, passamos ao calculo de B (**Nota:**  $V_H$  = maior valor de  $V_H$  para a bobine 1):

$$B = C_c \times V_H = 2.96 \times 10^{-2} \times 1.77 \times 10^{-2} = 5.2392 \times 10^{-4}$$

Com os valores anteriores, podemos passar ao cálculo do número de espiras:

$$N = \frac{B}{\vec{B}} = \frac{5.2392 \times 10^{-4}}{4.83 \times 10^{-6}} \approx 108$$

O gráfico do campo magnético para as duas bobinas ligadas isoladamente e em série é dado por:



Através do gráfico obtido, podemos concluir que para  $x_{01} = 0$  cm o valor máximo para o campo magnético foi 6 cm. Já para  $x_{02} = 6.5$  cm o valor máximo para o campo magnético foi 11 cm. Para as duas bobinas ligadas, o valor foi de  $8.5 \approx 9$  cm. Com isto, verificamos que o valor obtido é o ponto médio entre os dois valores máximos de ambas as bobinas. Assim, podemos verificar o princípio da Sobreposição do Campo Magnético, que consiste num ponto devido a várias fontes magnéticas independentes ser a soma vetorial dos campos magnéticos individuais criados por cada fonte.

# **Capítulo 4**

## **Conclusões**

Com a realização desta atividade laboratorial, este trabalho não só reforçou a compreensão teórica de conceitos chave em eletromagnetismo, mas também demonstrou a importância de técnicas experimentais rigorosas e análise de dados no estudo de fenômenos físicos complexos. A abordagem prática e a análise detalhada proporcionaram insights valiosos sobre as propriedades e aplicações dos campos magnéticos gerados pelas Bobinas de Helmholtz.