

Medida da magnetização com um magnetómetro de amostra vibrante

1. Objetivos

- Visualizar o efeito do acoplamento de circuitos com bobinas de diferentes indutâncias.
- Avaliar um sinal infetado por outro sinal de ruído.
- Determinação do ciclo histerético de um metal.

2. Introdução teórica

2.1 VSM – “Vibrating Sample Magnetometer”

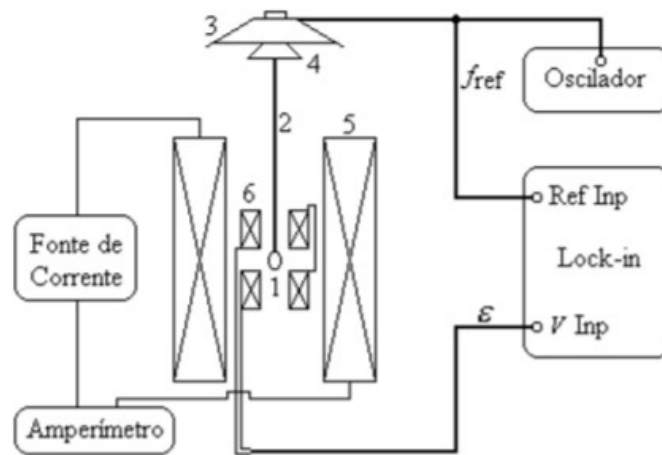


Figura 1: Representação do circuito com VSM (imagem tirada do protocolo)

No VSM existe uma amostra com bobinas interiores dentro de uma bobina maior para gerar o campo elétrico pretendido onde o movimento da amostra vai ocorrer, ao longo do eixo z, numa extremidade inferior de uma barra não magnética. Esta vibra à frequência de 100 Hz por um sistema constituído por um altifalante e uma estrutura de cartão de modo a manter a direção da vibração. Com isto, é possível determinar o ciclo histerético da amostra em questão.

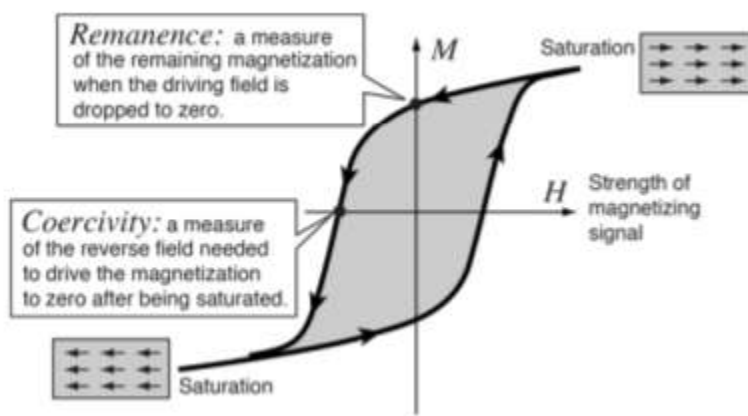


Figura 2: Ciclo histerético no ferro macio (imagem tirada do protocolo)

3. Material e procedimentos

3.1. Demonstração da técnica lock-in com circuitos indutivos acoplados

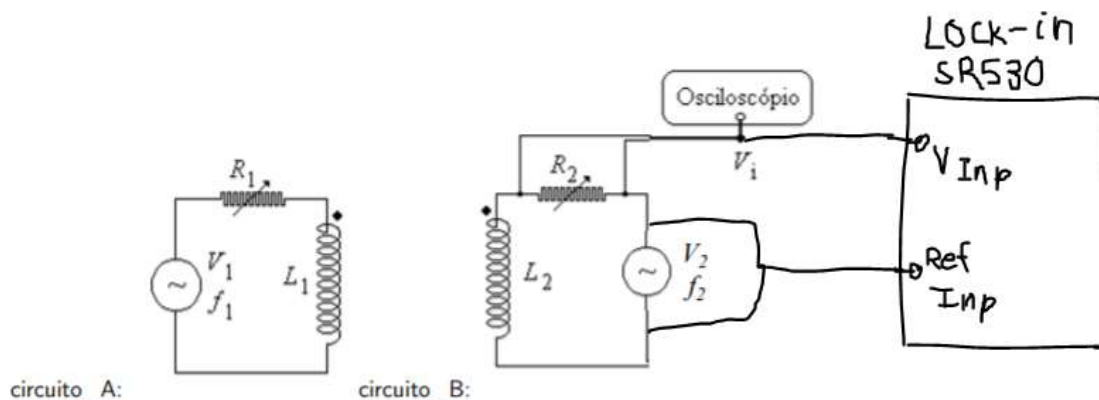


Figura 1: Montagem do circuito A e B com o lock-in (parte da imagem tirada do protocolo)

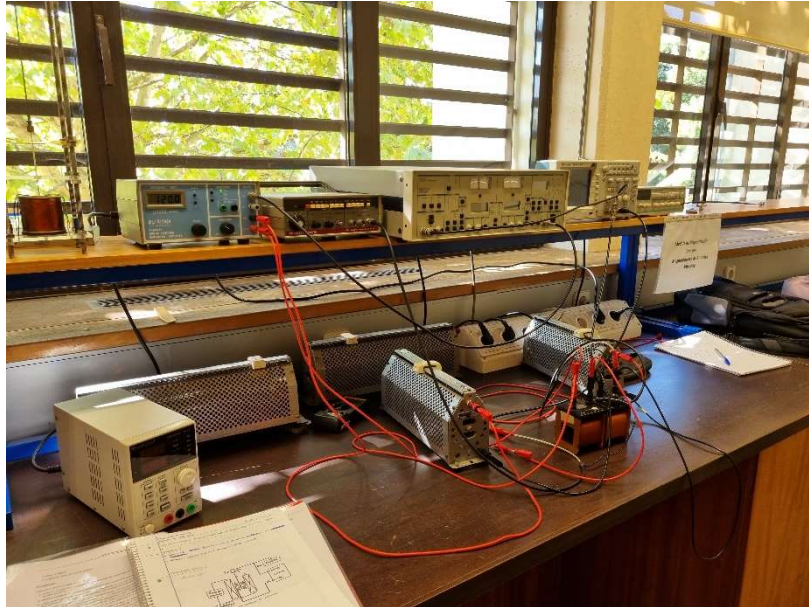


Figura 3: Montagem do circuito A e B com o lock-in
(no laboratório)

- Dois reóstatos R_1 e R_2 (com $R_{\text{máx}} = 230\Omega$)
 - Duas bobinas com $L_1 = 35\text{mH}$ e $L_2 = 24\text{mH}$
 - Dois geradores de sinal para cada um dos circuitos:
 - $V_1 \sim 1\text{ V}$, $f_1 \sim 300 - 4000\text{ Hz}$;
 - $V_2 \sim 1\text{ V}$, $f_2 \sim 1\text{ kHz}$;
 - Osciloscópio para visualização dos sinais
 - Lock-in
 - Cabos de ligação
- 1) Construiu-se o circuito A e B independentemente e observou-se o comportamento de cada um dos circuitos no osciloscópio.
 - 2) Com os dois geradores ligados a frequências arbitrárias f_1 e f_2 , observou-se o comportamento das ondas visualizadas no osciloscópio. É de notar também que o circuito A (V_1, f_1) atuou como um simulador de ruído que infeta e perturba o sinal gerado pelo circuito B (V_2, f_2), onde foi certificado que a amplitude de V_2 fosse menor que V_1 .
 - 3) Finalmente, adicionou-se o lock-in ao circuito B.
 - 4) Variou-se a frequência do ruído (f_1) e observou-se os valores de tensão lidos no osciloscópio bem como os lidos pelo lock-in, para valores de f_1 próximos e longe da frequência do sinal de f_2 .
 - 5) Avaliou-se também o comportamento do sinal com o acoplamento das bobinas.

3.2. Medida do ciclo histerético duma amostra ferromagnética com o magnetómetro VSM

- Gerador $V_1 \sim 1$ com saída de baixa impedância e $f_1 \sim 120 \text{ Hz}$.
 - Lock-in
 - magnetómetro VSM com amostra
 - Fonte de corrente DC variável
- 1) Montar o circuito da figura 1.
 - 2) Definiu-se um valor de $I_{m\acute{a}x}$, evitando permanecer neste os valores de corrente altos durante muito tempo para evitar o sobreaquecimento.
 - 3) Ajustar a frequência ($f_{ref} \sim 120 \text{ Hz}$).
 - 4) No lock-in, ajustou-se a fase ϕ e seleccionou-se o modo de visualização (V_x, V_y).
 - 5) Variou-se I na fonte de corrente e registou-se os valores de V_x correspondentes da seguinte forma:
 - a) Diminuir de $I_{m\acute{a}x}$ até 0;
 - b) Com $I = 0$, inverter a polaridade da fonte;
 - c) Aumentar de 0 a $I_{m\acute{a}x}$;
 - d) Repetir de a) até c);
 - e) Anular I e registar a medida.

4. Análise de resultados

4.1 Demonstração da técnica lock-in com circuitos indutivos acoplados

Como descrito nos procedimentos, construi-se o circuito A isoladamente e, com ajuda do osciloscópio, observou-se o sinal no osciloscópio. Como apenas se ligou esse circuito, apenas se observou uma onda sinusoidal, como previsto.

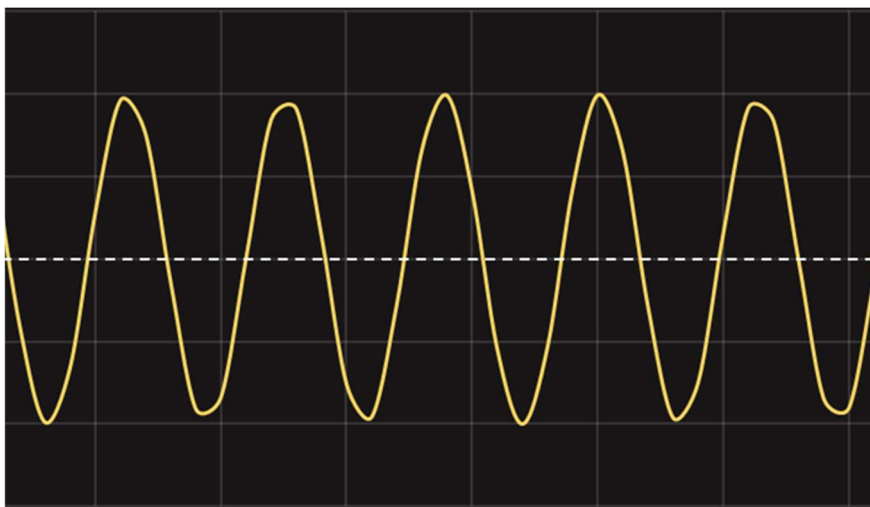


Figura 4: Figura ilustrativa da onda vista no osciloscópio

Como os circuitos A e B apenas diferem no valor da sua indutância, é de prever que o circuito B ligado isoladamente produzisse um sinal muito semelhante.

Depois das observações feitas, ligou-se o circuito A e B em simultâneo. Como descrito, o circuito A é o nosso simulador de ruído e o circuito B é o sinal de interesse, fixando a sua frequência $f_2 = 1000 \text{ Hz}$.

A frequência do ruído f_1 foi variada e captaram-se imagens para diferentes valores de f_1 :

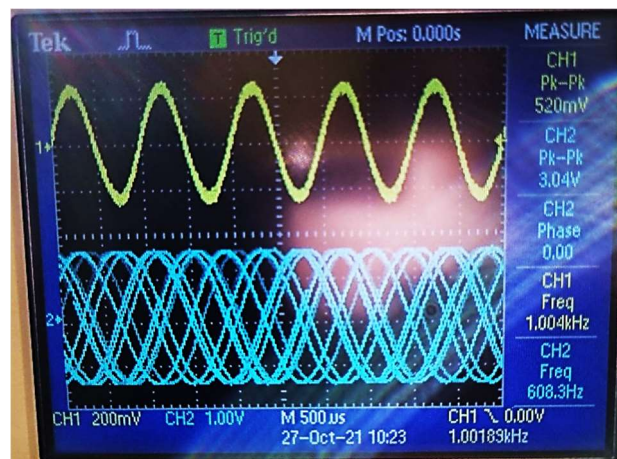
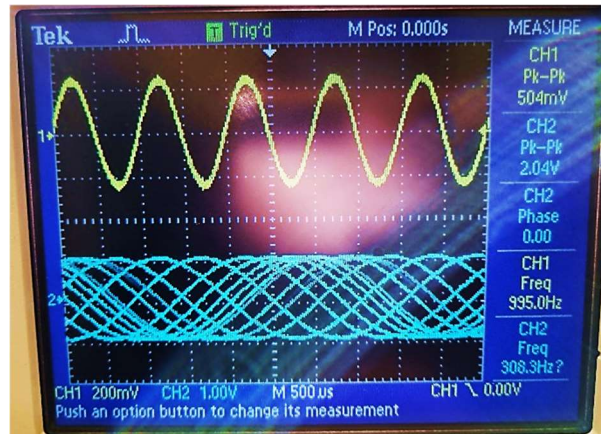


Figura 5 e 6: Sinais observados no osciloscópio com $f_1 = 300 \text{ Hz}$ e $f_1 = 600 \text{ Hz}$, respetivamente.

Como é possível observar, á medida que a f_1 aumenta, o sinal lido no osciloscópio começa a ficar cada vez mais destorcido e a amplitude da onda aumenta. Na realidade, a forma do sinal gerado pelo ruído alterava e, por isso, as fotos apenas captam um instante de tempo do movimento real da onda.

Quando se adicionou o lock-in ao circuito B (sinal de referência), também se observou o comportamento da variação de f_1 . Como referido anteriormente, o valor de f_2 foi fixado a 1000 Hz. Á medida que se altera f_1 , o valor lido no lock-in manteve-se, independentemente do valor tomado, exceto quando f_1 se aproxima do valor de f_2 onde o valor lido no lock-in é diferente. Como o lock-in está ligado ao circuito B, este vai ler os valores de tensão fornecidos apenas pelo sinal de referência, mas como temos outro sinal para além deste é de esperar que quando a frequência do ruído se aproxima da frequência do sinal de referência, o lock-in deixa de conseguir ler a tensão do sinal claramente, visto que o ruído o sobrepeõe.

4.2 Medida do ciclo histerético duma amostra ferromagnética com o magnetómetro VSM

Agora, feita a primeira parte da experiência, constrói-se o circuito da figura 1 e utilizando o material disponível no laboratório.

Nota: A fonte utilizada no laboratório lia tensões e intensidades de corrente, no entanto, se a corrente fosse diretamente alterada, causaria problemas quando fosse necessário inverter a polaridade e, por isso, alteramos o valor de V diretamente (alterando o valor de I indiretamente) evitando os problemas na leitura no lock-in.

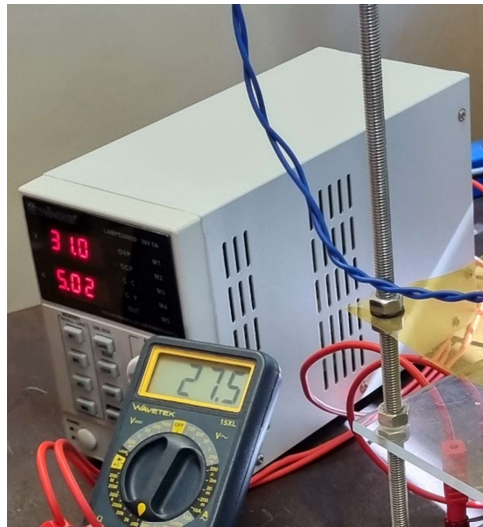
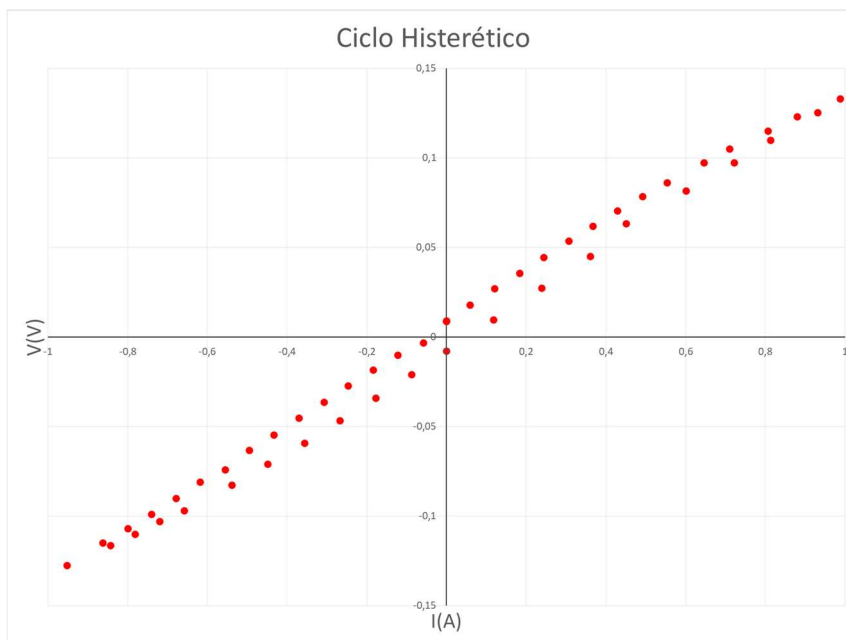


Figura 7: Fonte de corrente utilizada em laboratório

Variou-se a intensidade da corrente e registou-se os valores de V_x e traçou-se o gráfico de $V_x(I)$.



O ciclo histerético é normalmente representado num gráfico de $M(H)$, no entanto, o gráfico apresentado representa um comportamento aproximado.

5. Conclusões

Neste trabalho, realizaram-se vários estudos na caracterização do ciclo histerético de um material magnetizável com o VSM e utilizando o lock-in. Foram observados os sinais de um sinal de interesse com um sinal de ruído no osciloscópio e a influência do acoplamento de bobinas. Utilizando o VSM, representou-se o ciclo histerético do material utilizado traçando-se o gráfico de $V_x(I)$.