

Nome: \_\_\_\_\_

Número: \_\_\_\_\_

**ELETROMAGNETISMO**

Lic. Eng. Eletrotécnica – Sistemas Elétricos de Energia

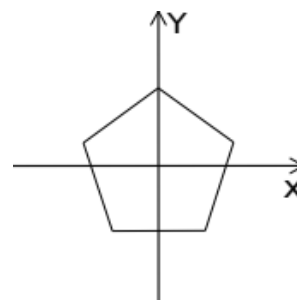
**Prova de exame de época normal: janeiro de 2025****Ano Letivo 2024/25, 1.º semestre, duração: 90 min.**

A prova termina com a palavra fim escrita em letras maiúsculas.

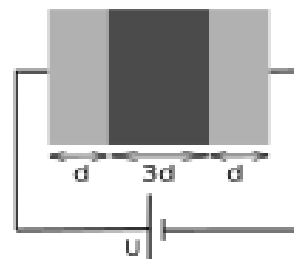
Todas as deduções devem ser apresentadas.

**isep** Instituto Superior de  
Engenharia do Porto**GRUPO I (4 valores)**

Considere a espira em forma pentagonal com perímetro **400 mm** representada num referencial cartesiano como indicado na figura ao lado. O centro da espira é coincidente com a origem do referencial e o plano que a contém é perpendicular ao eixo **Z**. A densidade de carga linear,  $\rho$ , na espira é constante e tem o valor de **50 nC/m**. O meio em que a espira se encontra é o **vazio**.

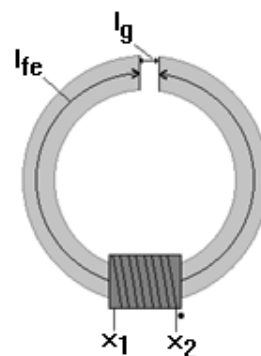
Determine o campo elétrico no eixo **Z** para  **$z = 30 \text{ mm}$** .**GRUPO II (4 valores)**

Considere o condensador elétrico de placas paralelas, iguais entre si, constituído por três dielétricos, tal como apresentado na figura ao lado. Os dielétricos periféricos têm permissividade relativa duas vezes superior à do dielétrico central.

Sendo a tensão aplicada ao condensador,  **$U$** , determine a expressão do campo elétrico no dielétrico central.**GRUPO III (4 valores)**

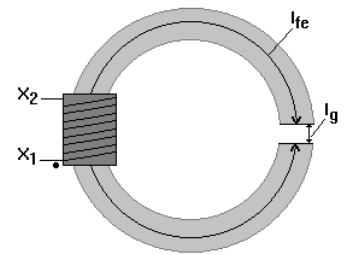
Considere uma bobine com núcleo de ferrite de secção constante **5 cm<sup>2</sup>** cujo enrolamento tem **100** espiras, tal como a apresentado na figura ao lado. Foi aplicada uma corrente de **100 mA** no enrolamento tendo sido medida uma densidade de fluxo magnético de **250 mT** no núcleo do circuito magnético. Alterando a corrente para **200 mA** a densidade de fluxo magnético medida passou para **500 mT**.

Determine a relutância do circuito magnético quando a bobina se encontra a funcionar dentro do intervalo de valores em que foram realizadas as medições.



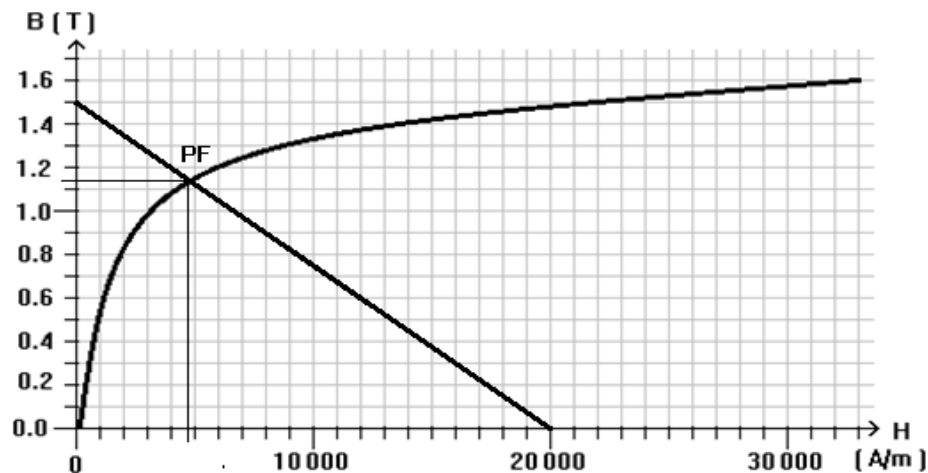
**GRUPO IV (4 valores)**

Considere o circuito magnético não linear apresentado na figura ao lado cuja curva de magnetização do material ferromagnético se encontra na figura seguinte. O núcleo tem secção constante,  $A$ , de **5 cm<sup>2</sup>**. O enrolamento com **250 espiras,  $N$** , está perfeitamente ajustado ao núcleo. A corrente,  $I$ , no enrolamento é de **15 A**. A magnetização do ferro é a indicada, na figura seguinte, por **PF**. Nestas condições e tendo em consideração o comprimento médio do ferro,  $l_{fe}$ , e a espessura do entre-ferro,  $l_g$ , foi traçada a reta de carga também presente na figura seguinte.



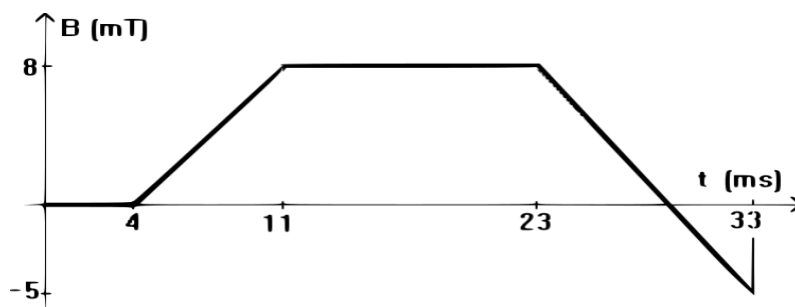
Determine a indutância vista aos terminais do enrolamento:

- 1) nas condições de funcionamento e
- 2) para uma corrente de **5 A** no enrolamento.

**GRUPO V (4 valores)**

Considere um enrolamento com  **$N=500$**  espiras e secção  **$S=25 \text{ cm}^2$** . A densidade de fluxo magnético para um período na perpendicular as espiras é tal como apresentada no gráfico seguinte.

Determine o valor médio quadrático (rms) da tensão elétrica aos terminais do enrolamento para um número inteiro de períodos.



$$x_{rms} = \sqrt{\frac{1}{T_2 - T_1} \int_{T_1}^{T_2} f^2(t) dt}$$

**FIM**

Nome: \_\_\_\_\_

Número: \_\_\_\_\_

**Formulário:**

Permeabilidade magnética do vácuo $1,2566 \times 10^{-6} \text{ H/m}$ (ou $\text{T} \cdot \text{m/A}$ )	$L = \frac{N\phi}{I}$	$NI = \mathcal{R} \phi$
Permissividade elétrica do vácuo $8,854187 \times 10^{-12} \text{ C}^2/\text{m}^2/\text{N}$	$\mathcal{R} = \frac{l}{\mu A}$	$V = -N \frac{d\phi}{dt}$
$\int \frac{1}{(x^2 + a^2)^{\frac{3}{2}}} dx = \frac{x}{a^2 \sqrt{x^2 + a^2}} + C$ $\int \frac{x}{(x^2 + a^2)^{\frac{3}{2}}} dx = \frac{-1}{\sqrt{x^2 + a^2}} + C$ $\int \frac{1}{(a+x)^2} dx = \frac{-1}{a+x} + C$	$\vec{D} = \epsilon \vec{E}$ $d\vec{H} = \frac{Id\vec{l}}{4\pi R^2} \times \vec{a}_r$	$\vec{B} = \mu \vec{H}$ $d\vec{E} = \frac{dQ}{4\pi\epsilon R^2} \vec{a}_R$
$\vec{a}_\rho \times \vec{a}_\phi = \vec{a}_z$ $d\vec{l} = d\rho \vec{a}_\rho + \rho d\phi \vec{a}_\phi + dz \vec{a}_z$ $dl^2 = d\rho^2 + \rho^2 d\phi^2 + dz^2$ $dv = \rho d\rho d\phi dz$ $ds_{\rho z} = \rho d\rho dz$ $ds_{\rho\phi} = \rho d\rho d\phi$ $ds_{z\phi} = \rho dz d\phi$ $(\rho, \phi, z) \equiv \rho \vec{a}_\rho + \phi \vec{a}_\phi + z \vec{a}_z$	$(x, y, z) \equiv x \vec{a}_x + y \vec{a}_y + z \vec{a}_z$ $\vec{a}_x \times \vec{a}_y = \vec{a}_z$ $d\vec{l} = dx \vec{a}_x + dy \vec{a}_y + dz \vec{a}_z$ $dl^2 = dx^2 + dy^2 + dz^2$ $dv = dx dy dz$ $ds_{xy} = dx dy$ $ds_{xz} = dx dz$ $ds_{zy} = dz dy$	$\vec{E} = \frac{Q}{4\pi\epsilon R^2} \vec{a}_R$ $\vec{E} = \frac{\rho_l}{2\pi\epsilon R} \vec{a}_R$ $V_A - V_B = - \int_B^A \vec{E} \cdot d\vec{L}$
$\vec{E} = \frac{\rho_s}{2\epsilon} \vec{a}_R$	$F = QE$	$\vec{E} = \frac{r^3 \rho_v}{3\epsilon(r+R)^2} \vec{a}_R; R \geq 0$ $\vec{E} = \frac{(r+R)\rho_v}{3\epsilon} \vec{a}_R; R < 0$