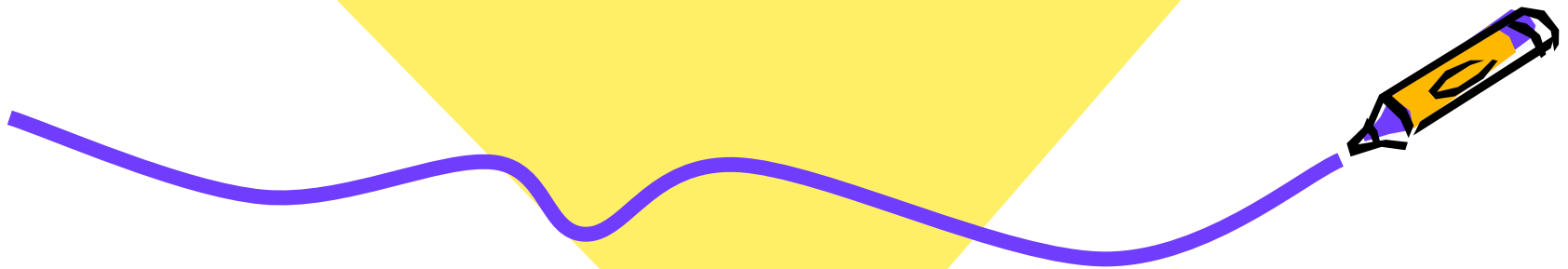


1 - MAGNETISMO

(Página 5 a 23 da apostila Fundamentos do Eletromagnetismo,
do professor Fernando Luiz Rosa Mussoi)





COMPETÊNCIAS

Conhecer as leis fundamentais do Eletromagnetismo e suas aplicações.

HABILIDADES

- **Compreender** o processo de **formação** de **campo magnético** e características do magnetismo;
- **Analisar situações** onde o campo magnético proporciona **mudança** no **meio ambiente**;
- **Analisar** situações onde a **força magnética** e a **relutância magnética** influenciam **circuitos elétricos**;





CONTEÚDO

- **INTRODUÇÃO**
- **ORIGEM DO MAGNETISMO:**
 - Tipos de Ímãs, Teoria de Weber e Teoria dos Domínios Magnéticos.
- **CAMPO MAGNÉTICO:**
 - Características das linhas e Densidade de Campos Magnéticos.
- **IMANTAÇÃO:**
 - Materiais Moles e Duros.
- **CLASSIFICAÇÃO DOS MATERIAIS:**
 - Ferromagnéticos, Diamagnéticos, Paramagnéticos e Ferrimagnéticos.
- **PERMEABILIDADE MAGNÉTICA.**
- **RELUTÂNCIA MAGNÉTICA.**





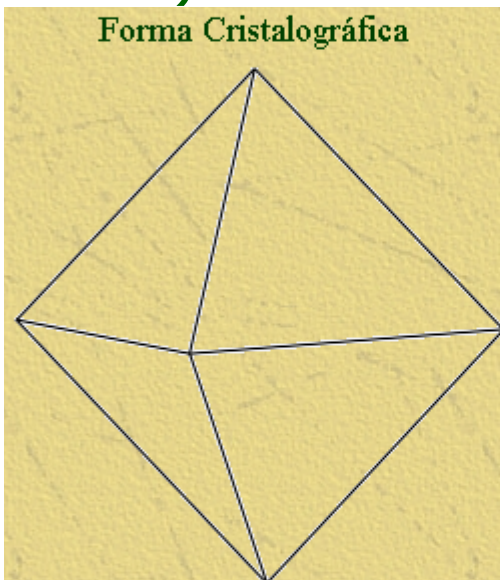
INTRODUÇÃO

Há mais de **2500 anos**, os **gregos** sabiam da existência de um certo tipo de pedra (hoje chamada de **magnetita** ou **ímã permanente**) que **atraía** pedaços de ferro (limalhas).

Foto do Mineral



Forma Cristalográfica



A palavra "ímã" vem do francês **aimant** que significa "amante", em relação à sua característica de **atração**.





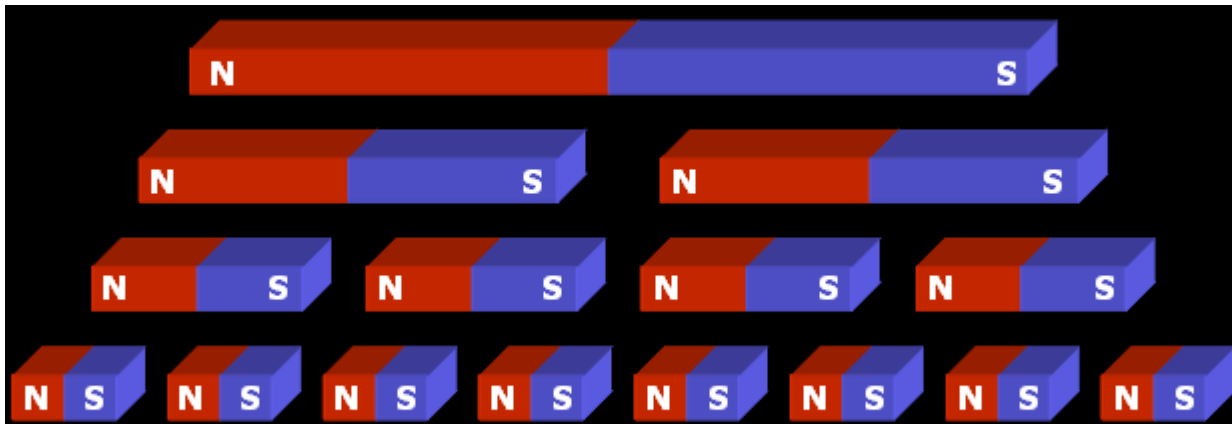
Na China, no **século I a.C.**, observou-se que um ímã suspenso por um fio (ou flutuando sobre a água), tende a orientar-se na direção norte-sul terrestre. Isto deu origem à **Bússola**.



A bússola é um **ímã**, assim como o planeta Terra. Todo ímã tem um **pólo norte** e outro **sul**, sendo que os **opostos** se **atraem**. Por isso, o pólo **norte magnético da bússola** (ponteiro **pintado**) aponta para o **pólo sul magnético do planeta** que, por coincidência, está perto do **pólo norte geográfico da Terra**.



Embora as cargas elétricas e os pólos magnéticos sejam similares em vários aspectos, existe uma importante **diferença** entre eles: **os pólos magnéticos sempre ocorrem aos pares**. Quando um ímã é dividido ao meio, **pólos iguais e opostos aparecem em cada lado do ponto de quebra**. Isso resulta em dois ímãs, cada um com um pólo norte e um pólo sul.





EXERCÍCIOS

1. (Direito C. L. 97) Sabe-se que, ao contrário do que ocorre na Terra, não existe um campo magnético na superfície da Lua. Pode-se, então, concluir que, se uma agulha imantada, usada como bússola na Terra, for levada para a Lua, ela:

- a) fornecerá leituras mais precisas do que ao ser usada na Terra.
- b) indicará a direção norte-sul lunar.
- c) perderá sua imantação.
- d) não será desviada quando colocada próxima de uma corrente elétrica contínua.
- e) não poderá ser usada como bússola magnética.

2. Quando um ímã permanente em forma de barra é partido ao meio, observa-se que:

- a) as extremidades de uma das metades são pólos norte e as extremidades da outra metade são pólos sul.
- b) as propriedades magnéticas desaparecem.
- c) em cada uma das metades temos polo norte e polo sul.
- d) numa metade, temos uma extremidade com polo norte e a outra extremidade sem polo e, na outra metade, temos uma extremidade com polo sul e a outra extremidade sem polo.
- e) o número e o tipo dos pólos, em cada metade, dependerá do material de que é feito o ímã.

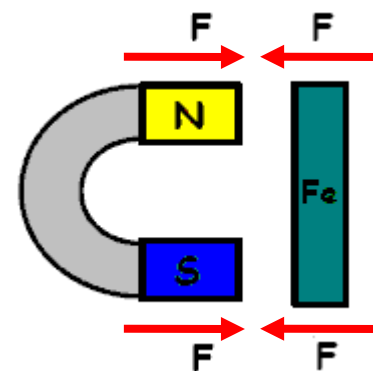
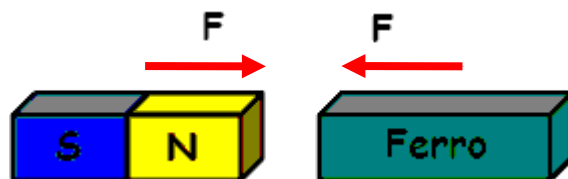
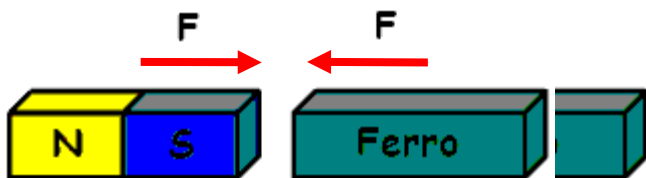
<http://www.fisicaevestibular.hpg.ig.com.br/campomag.htm>





Em **1260**, o francês ***Petrus Peregrinus*** observou que, as extremidades de um ímã possuem um poder maior de **atração pelo ferro**: são os pólos magnéticos.

DESCUBRA O SENTIDO DAS FORÇAS MAGNÉTICAS:

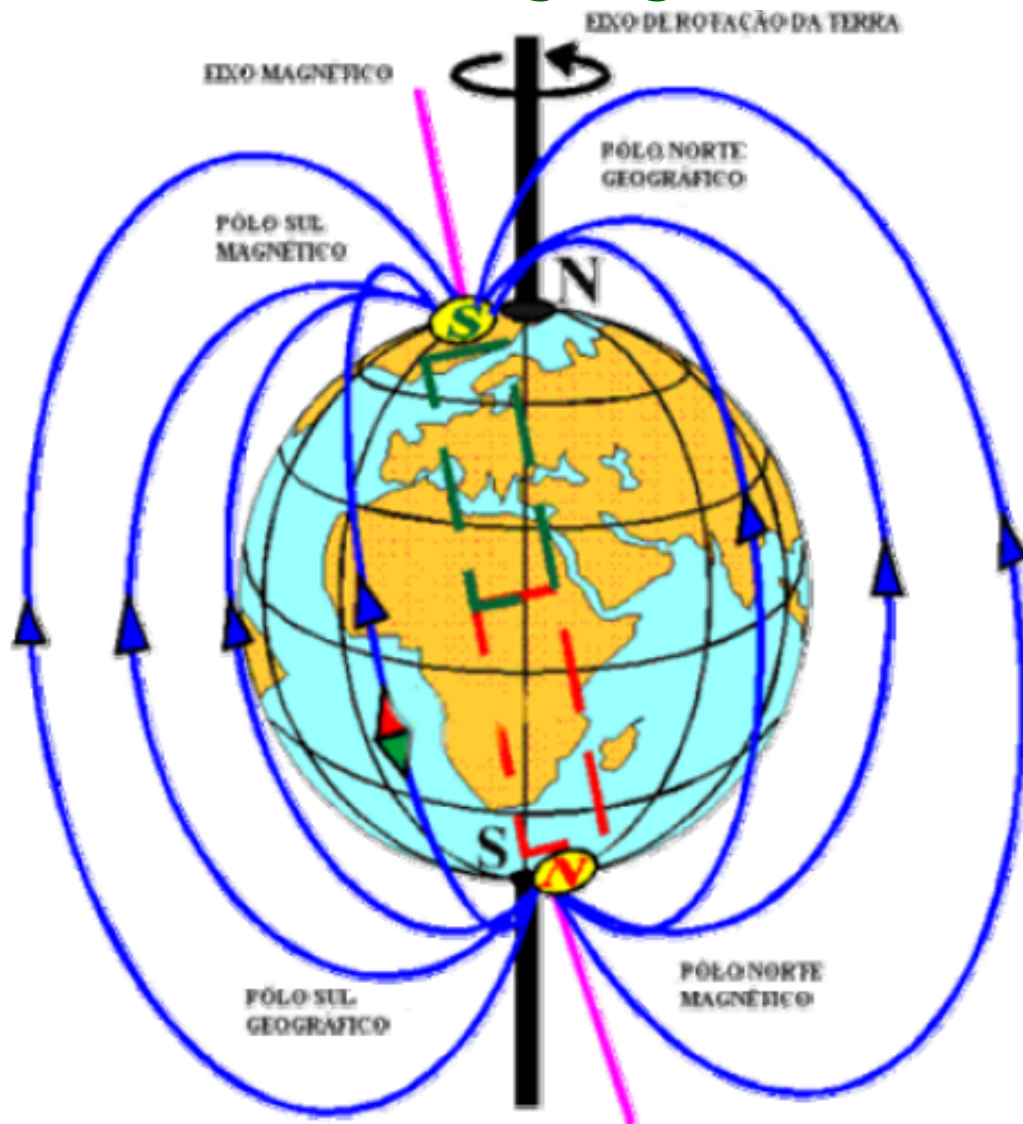




Em **1600**, *William Gilbert* descobriu que a Terra era um **ímã natural** com pólos magnéticos próximos aos pólos norte e sul geográficos:



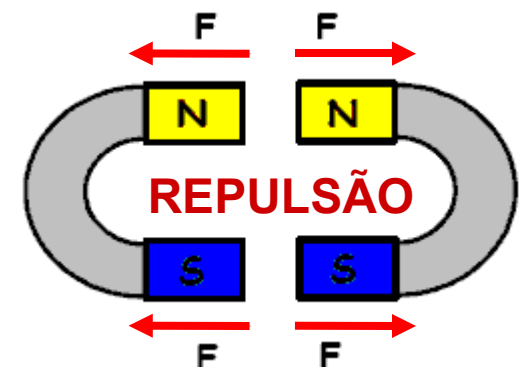
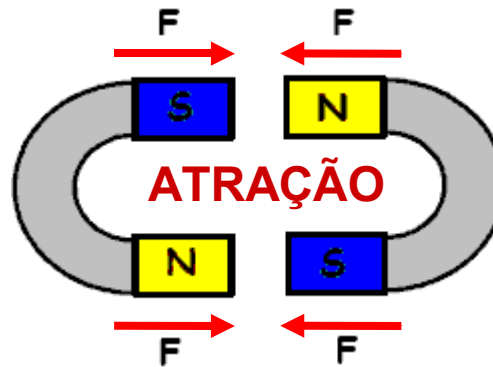
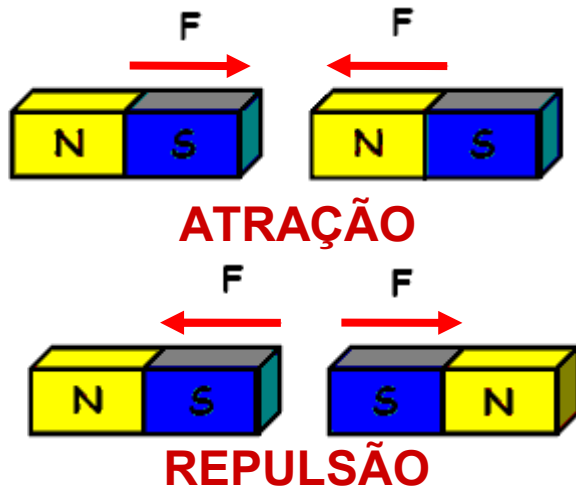
Magnetismo terrestre:





Em **1750**, a **atração** e a **repulsão** dos pólos magnéticos foram estudadas quantitativamente por **John Michell**. Pólos iguais se repelem e pólos diferentes se atraem.

DESCUBRA O SENTIDO DAS FORÇAS MAGNÉTICAS:





Em **1920** foram desenvolvidos ímãs de maior capacidade com ligas de **Alnico** (Alumínio, Níquel e Cobalto), que retêm um magnetismo muito intenso e são usados na fabricação de **alto-falantes**. $T_{\text{MaxTrab}} = 550^{\circ}\text{C}$.

Aplicações: Placas magnéticas, sensores (reeds) e levantadores de carga.

Em **1950** grandes avanços foram feitos no desenvolvimento de ímãs cerâmicos orientados (**Ferrites**) feitos com ligas de Manganês e Zinco (MnZn) e Níquel e Zinco (NiZn). $T_{\text{MaxTrab}} = 250^{\circ}\text{C}$.

Aplicações: Alto-falantes, sensores e motores CC.





Em **1970** foram obtidos impressionantes aumentos de forças magnéticas a partir de ligas de **Samário Cobalto (terras raras)**, mas com **custos elevados**. $T_{\text{MaxTrab}} = 250^{\circ}\text{C}$.

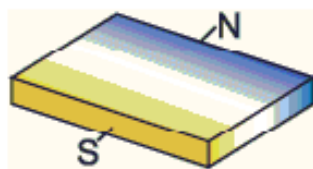
Aplicações: micro-motores e sensores automotivos.

Em **1980**, da família das terras raras, os ímãs de **Neomídio-Ferro-Boro** surgiram com capacidades magnéticas ainda **maiores** e com **custos menores**, porém muito **sensíveis a temperaturas elevadas**. $T_{\text{MaxTrab}} = 180^{\circ}\text{C}$. **Aplicações:** Auto-falante, brindes, equipamentos eletrônicos.





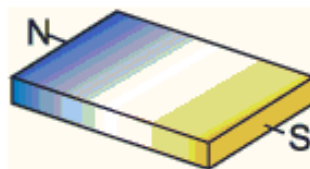
Sentidos de Magnetização do Ferrite



Paralelo à Largura



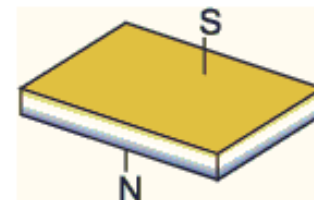
Paralelo ao Diâmetro



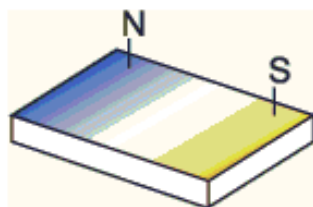
Paralelo ao Comprimento



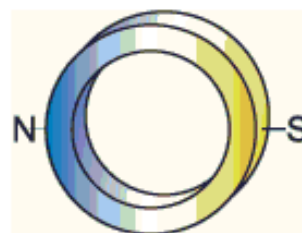
Paralelo ao
Comprimento



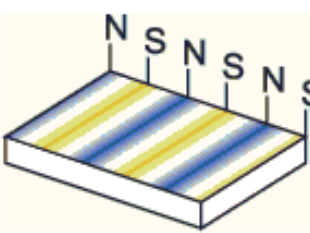
Paralelo à Espessura



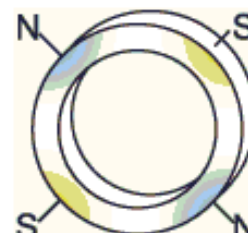
2 Polos / 1 Face



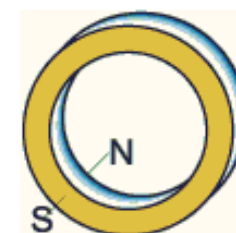
Paralelo ao Diâmetro



Multipolar sobre 1 face



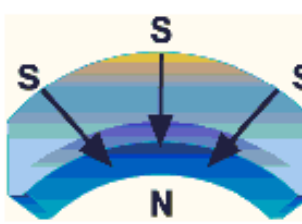
4 Polos / diâmetro
Externo



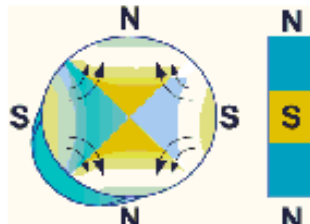
Paralelo à Espessura



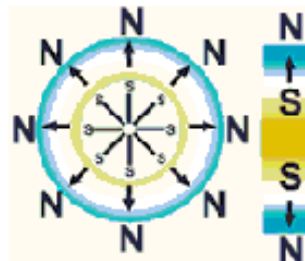
Paralelo ao diâmetro



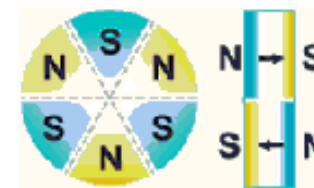
Magnetização Radial



Magnetização Multipolar



Magnetização Radial



Magnetização Axial



Tabela comparativa entre diferentes tipos de ímãs:

Campo Coercivo (H_c): representa o campo desmagnetizante necessário para reduzir a indução magnética a zero. Ou seja, representa a dificuldade em desmagnetizar um material.

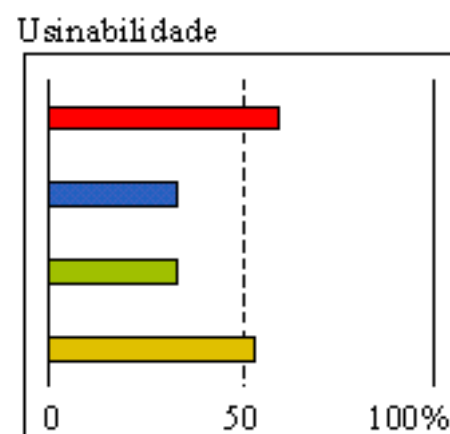
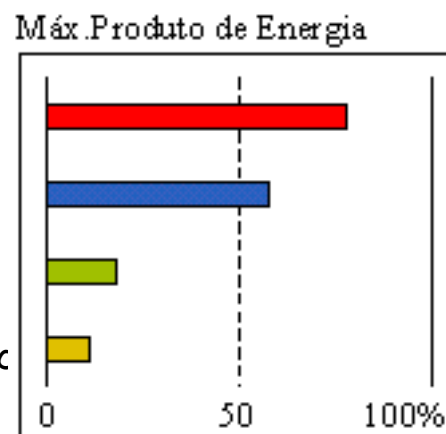
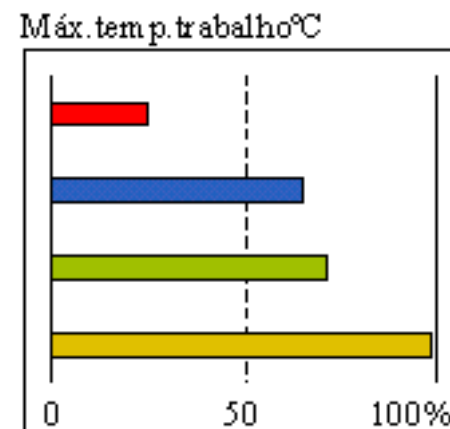
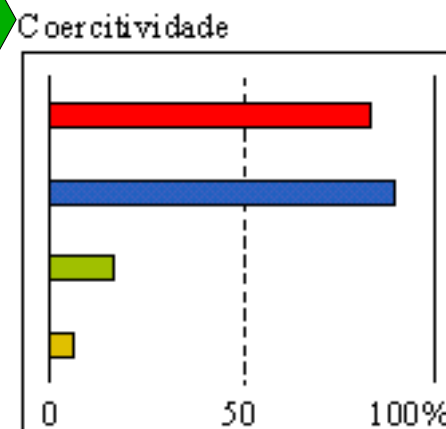
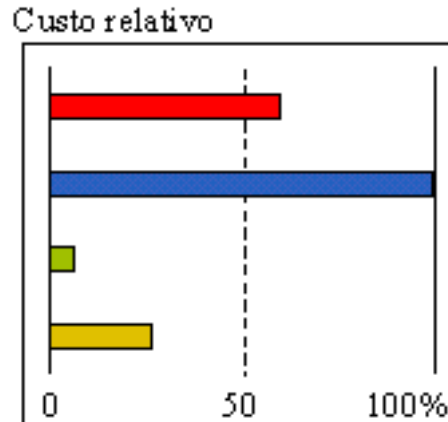
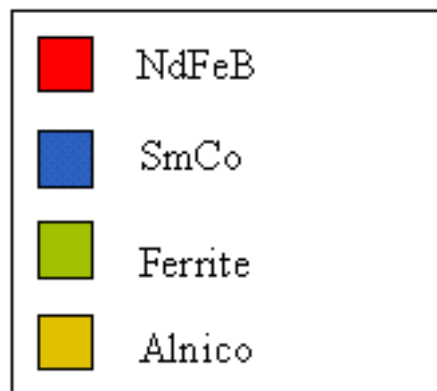
Indução remanente (B_r): um valor alto resulta um fluxo magnético elevado.

Anisotrópico - Quando um ímã possui orientação preferencial do campo.

Isotrópico - Quando um ímã NÃO possui orientação preferencial do campo.



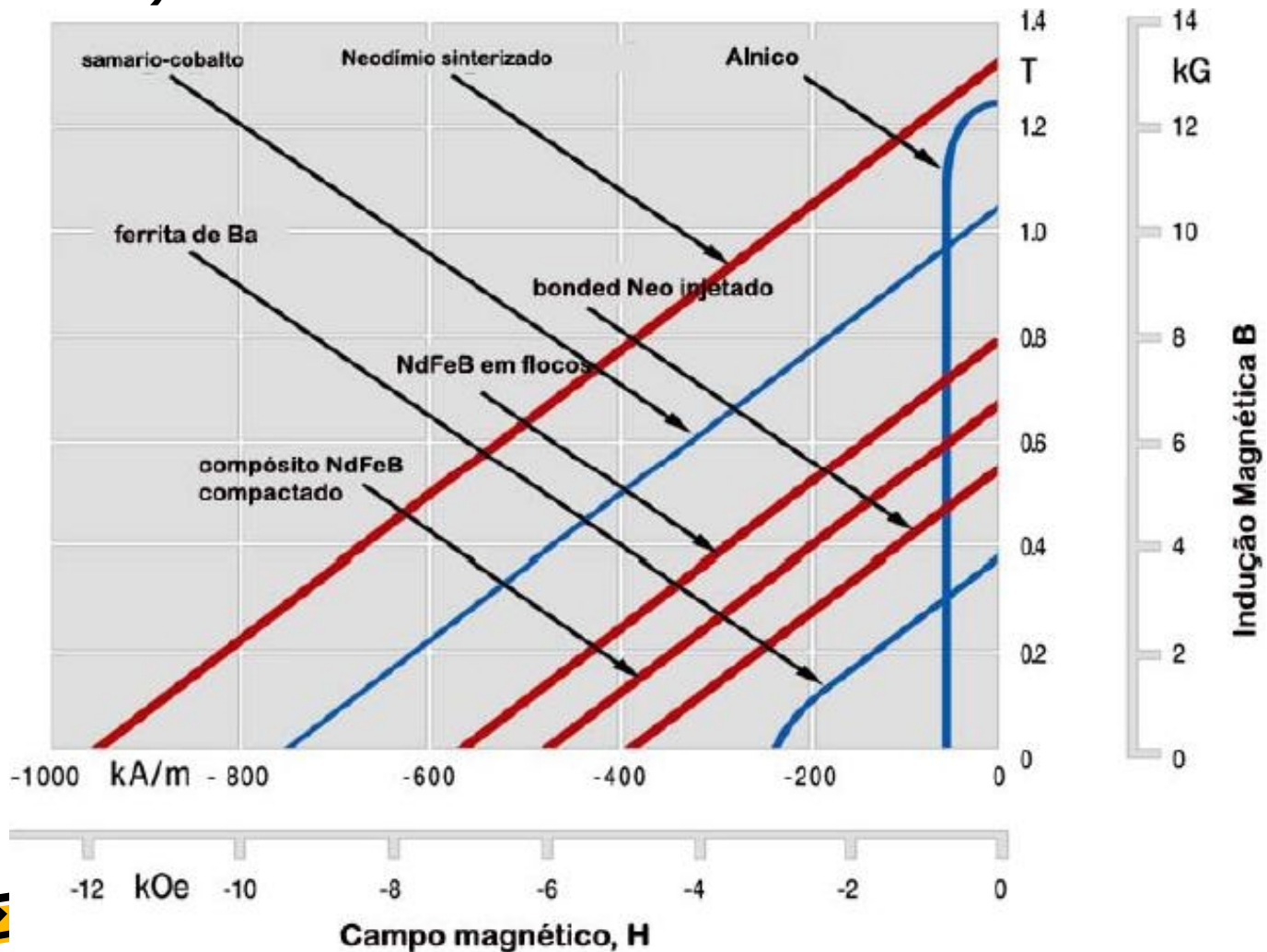
FONTE: <http://www.magnetosgerais.com.br/>



Disc

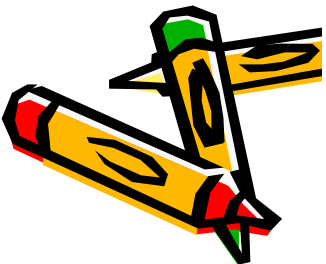


Segundo quadrante de curvas BxH de vários ímãs comerciais disponíveis no mercado, com valores no sistema cgs (gauss x oersteds) e sistema internacional (tesla x kA/m)



Fonte: Materiais Magnéticos para a indústria automobilística, Fernando Landgraf (Artigo).

Disciplina de Eletromagnetismo



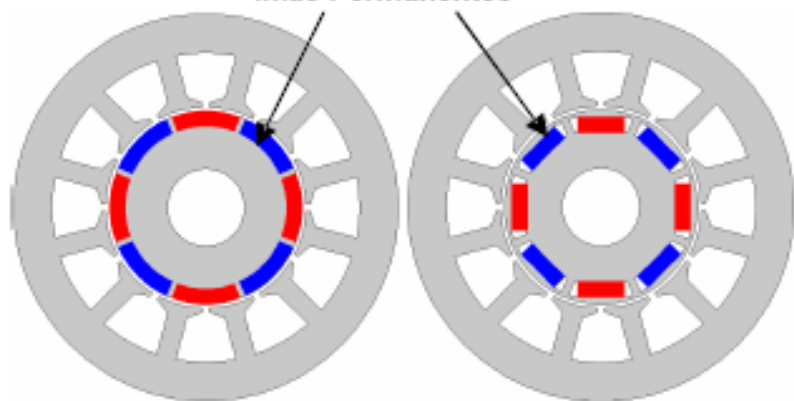


Exemplo comparativo de ímãs em motores elétricos

(fonte: artigo Motor de ímãs permanentes e Inversor de Frequência WEG)

MOTOR COM ÍMÃS SUPERFICIAIS E INTERNOS - BRUSHLESS AC

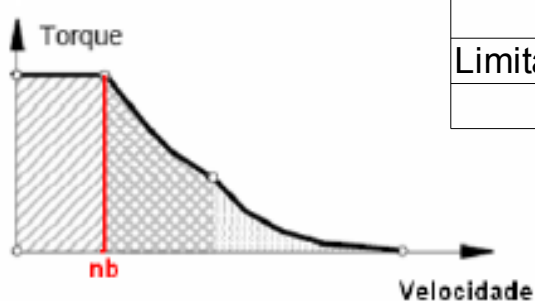
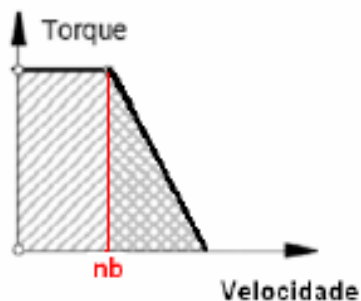
Ímãs Permanentes



a)

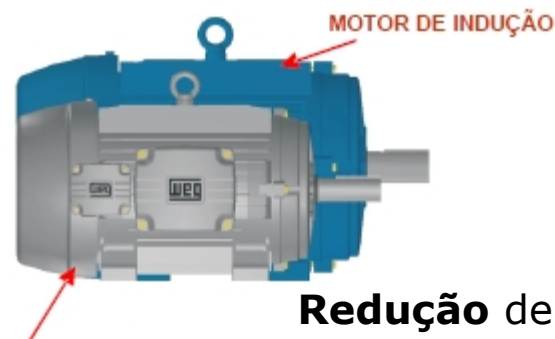
b)

a) Motor com ímãs superficiais. b) Motor com ímãs internos



Neodímio	Ferrite
Caro	Barato
Hc e Br alto	Hc e Br baixo
Dimensão motor menor	Dimensão maior
Temp. Trab. 180°C	Temp.Trab. 350°C

Ímãs superficiais	Ímãs internos
Torque menor	Torque maior
Limitada faixa de velocidade	Faixa maior de velocidade
	Protegido contra força centrífuga



Redução de 47%
no volume.

Disciplina de El

MOTOR DE ÍMÃS PERMANENTES
Comparação de volume entre motor de indução e motor de ímãs





RESUMO

- Há mais de 2500 anos, os gregos conheciam as propriedades da **magnetita (ou ímã permanente)**.
- No século I, na China, surgiu umas das primeiras aplicações do ímã, a **bússola**.
- Os polos magnéticos (N e S) são **INDIVISÍVEIS**.
- Em 1260, Petrus descobriu que o íma **ATRAÍA** o **FERRO**.
- Em 1600, Gilbert descobriu que a Terra era um enorme ímã natural.
- Em 1750, Michell descobriu a **atração** e **repulsão** entre os polos magnéticos.
- Em 1920 descobriu-se o ímã do tipo **ALNICO**.
- Em 1950 descobriu-se o ímã do tipo **FERRITE**.
- Em 1970 descobriu-se o ímã do tipo **SAMÁRIO-COBALTO**.
- Em 1980 descobriu-se o ímã do tipo **NEODMIO-FERRO-BORO**.





ORIGEM DO MAGNETISMO

O **magnetismo** é a expressão de uma forma de **energia**, normalmente associada a **forças de atração e de repulsão** entre alguns tipos particulares de materiais, chamados de **Ímãs**.

Tipos de ÍMÃS:

- **NATURAIS** – Magnetita, composto por **Óxido de Ferro** (Fe_3O_4)
- **ARTIFICIAIS** – composto por metais e ligas cerâmicas, e podem ser **TEMPORÁRIOS** (**ferro doce, mais puro**) ou **PERMANENTES** (ligas de aço, Ferro e Carbono, contendo Níquel ou Cobalto).





TEORIA DE WEBER: toda substância magnética é composta de ímãs muito pequenos, chamados de **Ímãs Elementares**.

Um material apresenta propriedades magnéticas, quando há uma **predominância** de **ímãs elementares orientados** sobre os **não orientados**. Assim, genericamente, pode-se dizer que:

- **Materiais Magnéticos:** são aqueles que **permitem** a **orientação** dos seus ímãs elementares.

Exemplos: **ferro**, níquel e algumas ligas metálicas, como o aço.

- **Materiais Não-Magnéticos:** são aqueles que **não permitem** a orientação dos seus ímãs elementares.

Exemplos: **alumínio**, madeira, plástico, entre outros.



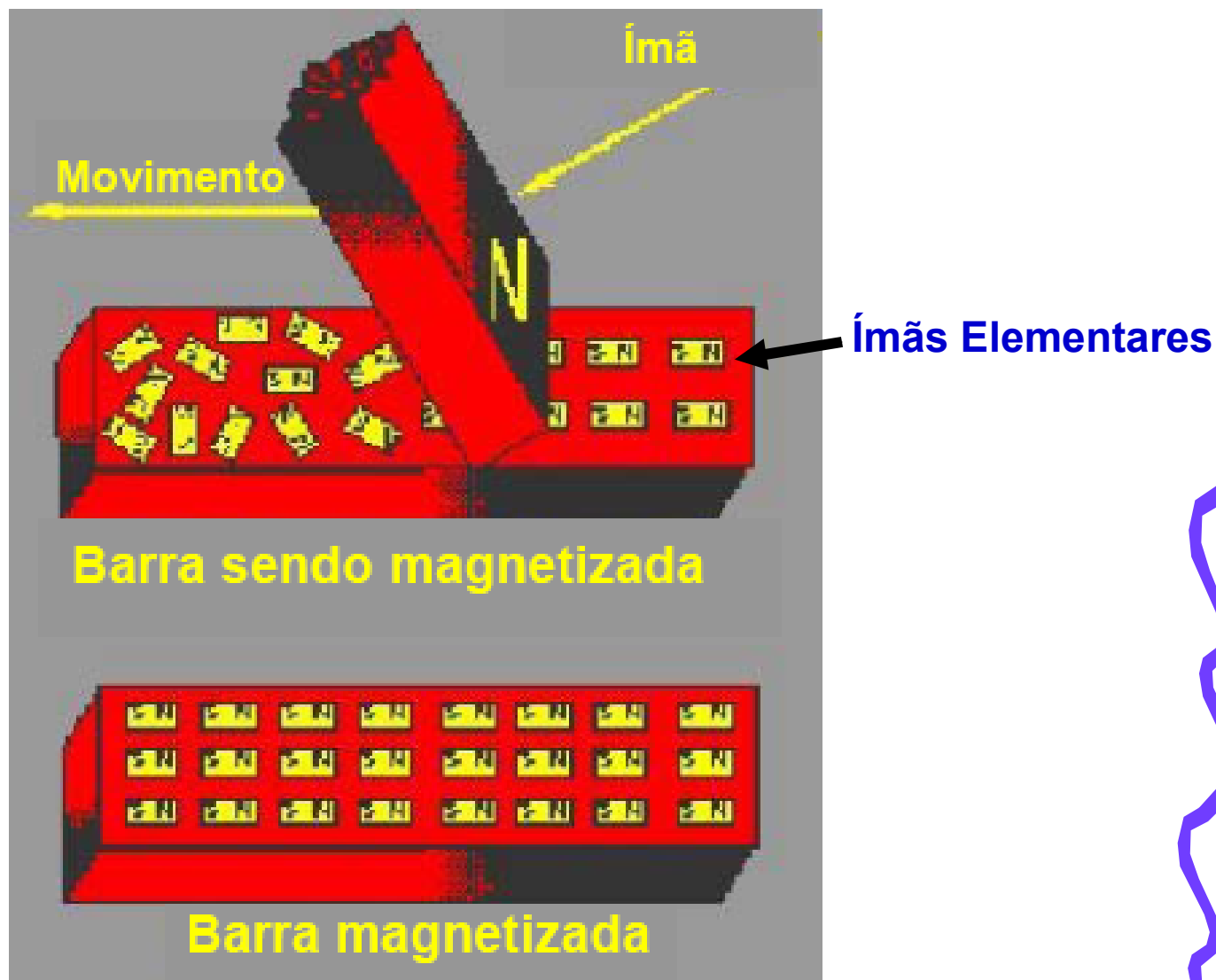


Figura 2.3 - barra de ferro sendo magnetizada.





TEORIA DOS DOMÍNIOS

MAGNÉTICOS: um exame microscópico revelaria que um ímã é, na verdade, composto por **pequenas regiões**, na sua maioria com 1mm de largura ou comprimento [*Giancoli*], que se comportam como um **pequeno ímã independente**, com os seus **dois pólos**.

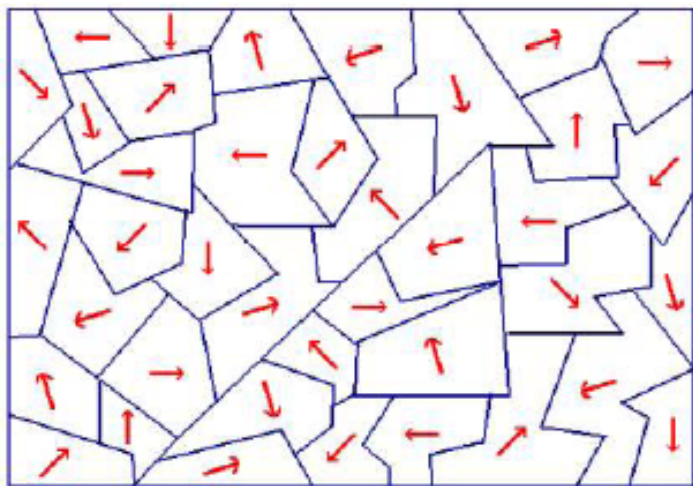


Figura 2.5 - Domínios magnéticos desalinhados

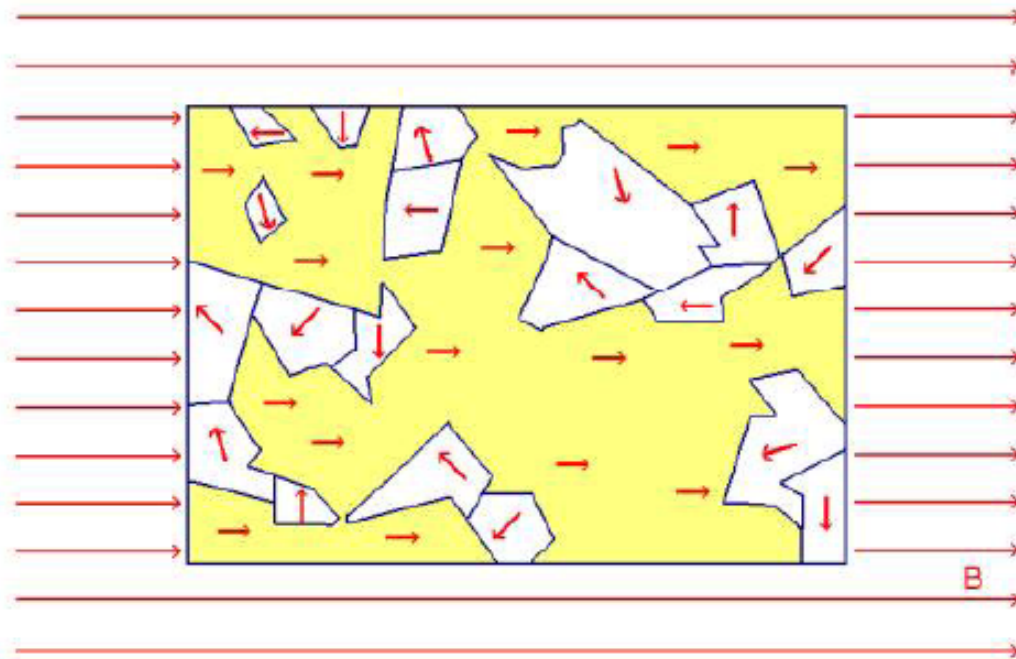


Figura 2.6 - Domínios magnéticos orientados sob a ação de um campo





RESUMO

- **TIPOS DE ÍMAS:** **NATURAIS** (magnetita) e os **ARTIFICIAIS** (temporários, ferro doce, ou permanente, ligas de Ni, Fe, Co).
- Segundo a teoria de **Weber** temos os seguintes **materiais:** **MAGNÉTICOS** (permite a orientação dos ímãs elementares) e os **NÃO-MAGNÉTICOS** (NÃO permite a orientação dos ímãs elementares).
- Um ímã é composto por várias regiões pequenas, e se comportam como **pequenos ímãs independentes** chamados de **domínios magnéticos**. No caso do ímã estes domínios estão **orientados**.

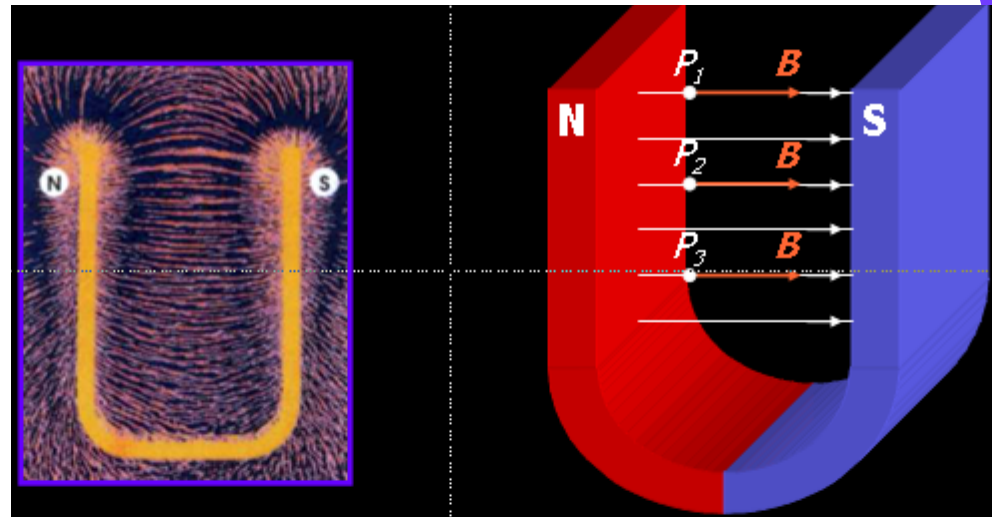
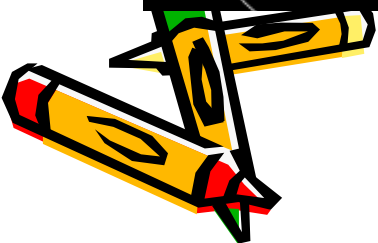
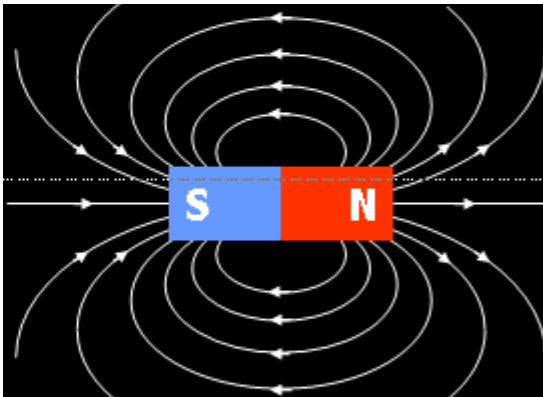




CAMPO MAGNÉTICO

É a **REGIÃO** ao **redor** de um **ímã**, na qual se observa um **efeito** magnético. Esse efeito é **percebido** pela **ação** de uma **FORÇA MAGNÉTICA** de **ATRAÇÃO** ou de **REPULSÃO**.

A representação **visual** do Campo Magnético é feita através de **Linhas de Campo Magnético**, ou **Linhas de Indução Magnética**, ou **Linhas de Fluxo Magnético**. Estas linhas são **envoltórias imaginárias fechadas** que **SAEM** do pólo **NORTE** e **ENTRAM** no pólo **SUL**.



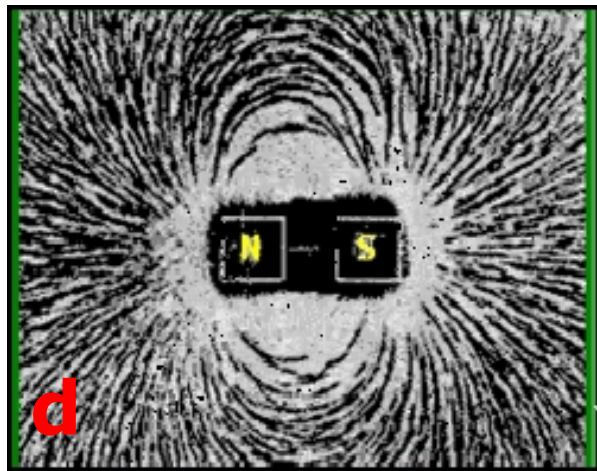
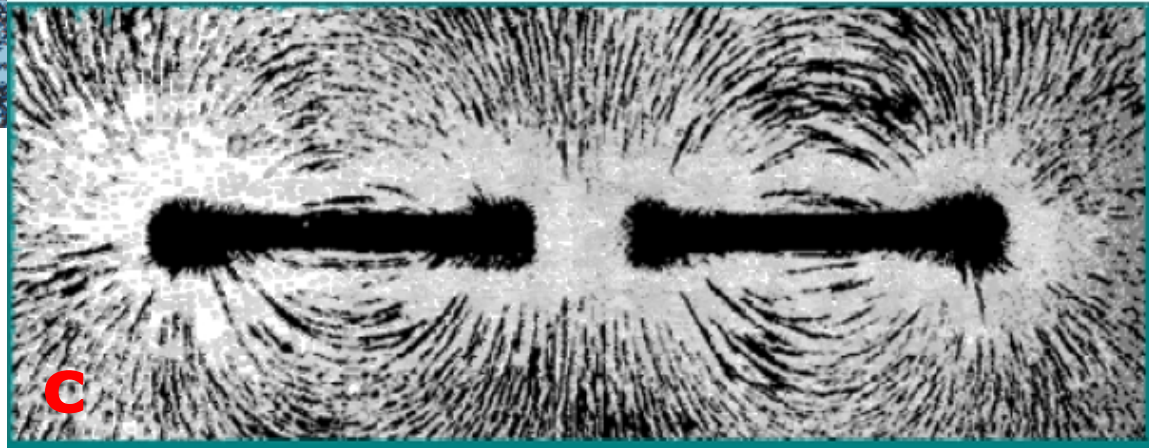
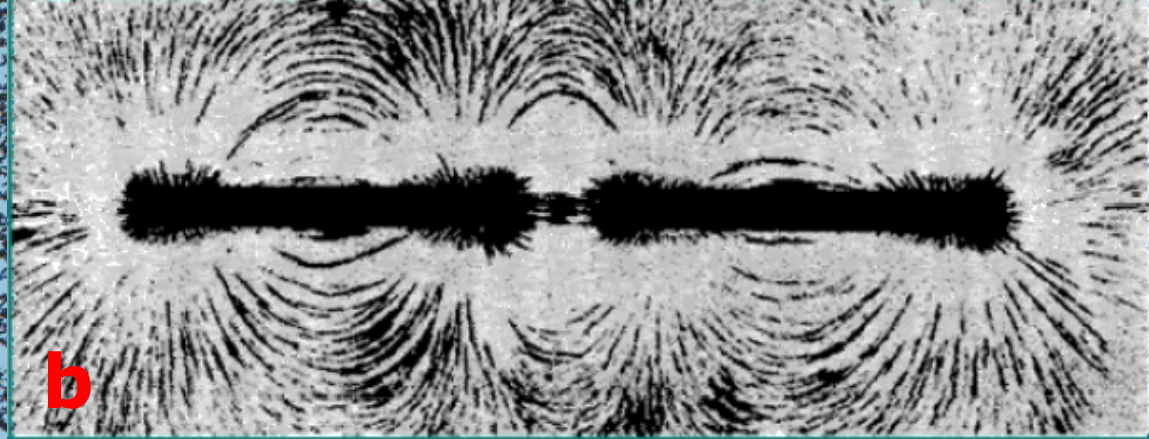
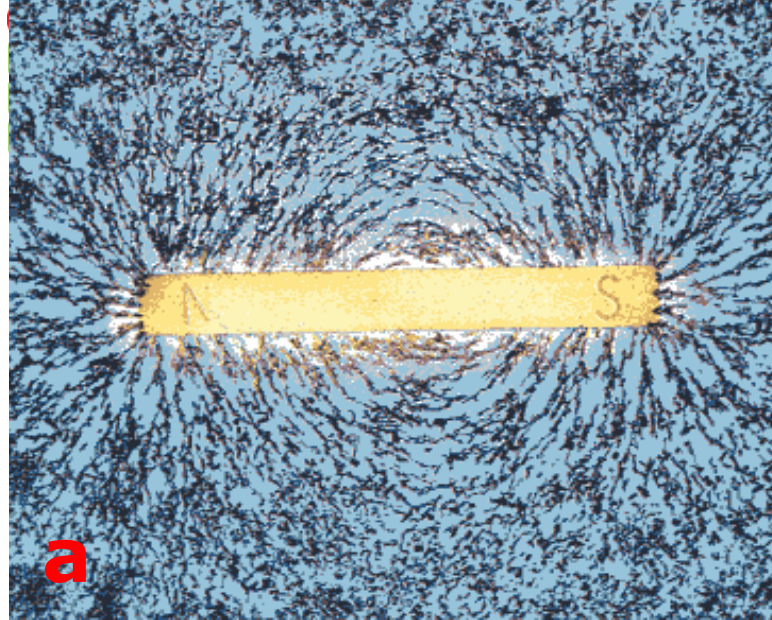


Figura 3.2 – Visualização das Linhas de Campo com limalha de ferro: (a) um ímã em forma de barra (Fonte: Giancoli. Physics for engineers and scientists; (b) dois ímãs em barra com polos opostos se defrontando concentram as linhas de campo; (c) dois ímãs em barra com pólos iguais se defrontando deformam as linhas de campo; (d) linhas de campo de um ímã em ferradura (U) visto do topo (Fonte: http://www.feiradeciencias.com.br/sala13/13_T01.asp).





CARACTERÍSTICAS DAS LINHAS DE CAMPO MAGNÉTICO:

- São sempre **linhas fechadas**: saem e voltam a um mesmo ponto;



- As linhas **nunca se cruzam**;
- **Fora** do ímã, as linhas **saem** do pólo **norte** e se **dirigem** para o pólo **sul**;
- **Dentro** do ímã, as linhas são orientadas do pólo **sul** para o pólo **norte**;
- Saem e entram na direção **perpendicular** às superfícies dos pólos;
- Nos **pólos** a **concentração** das linhas é **maior**: quanto maior concentração de linhas, mais intenso será o campo magnético numa dada região.





Quem é o pólo Norte e Sul na figura abaixo?

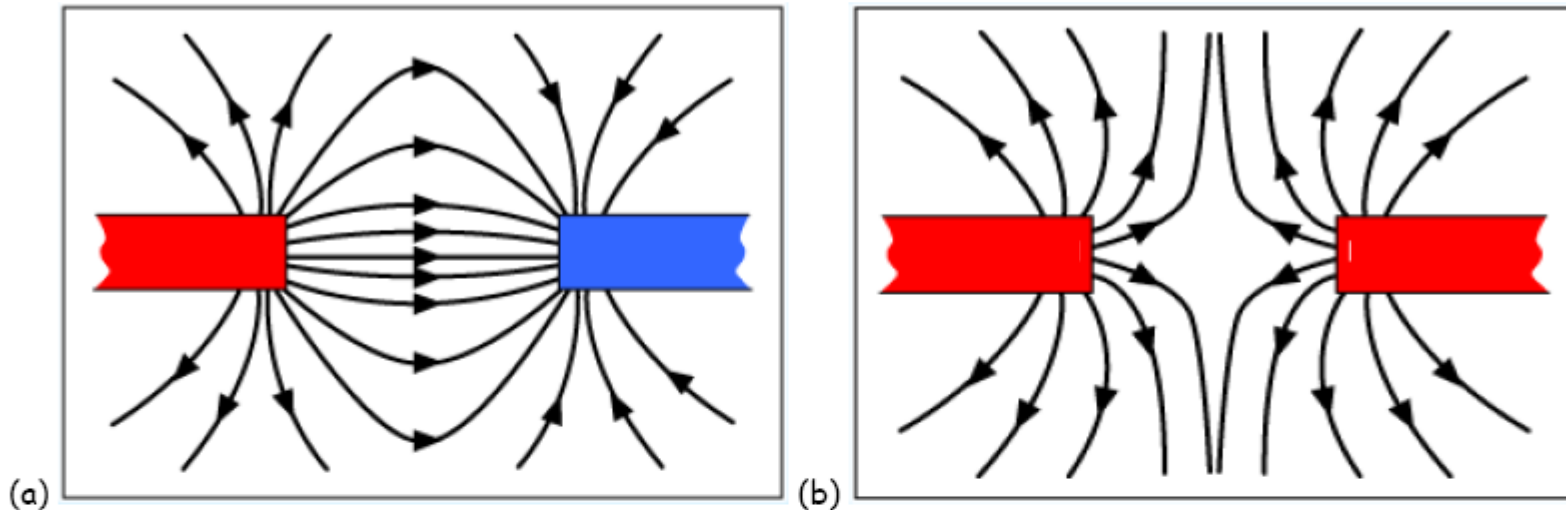


Figura 3.4 - Distribuição das Linhas de Campo Magnético: (a) atração entre pólos diferentes; (b) repulsão entre pólos iguais (Fonte: <http://images.google.com.br>)

Qual é o campo uniforme e o não-uniforme?

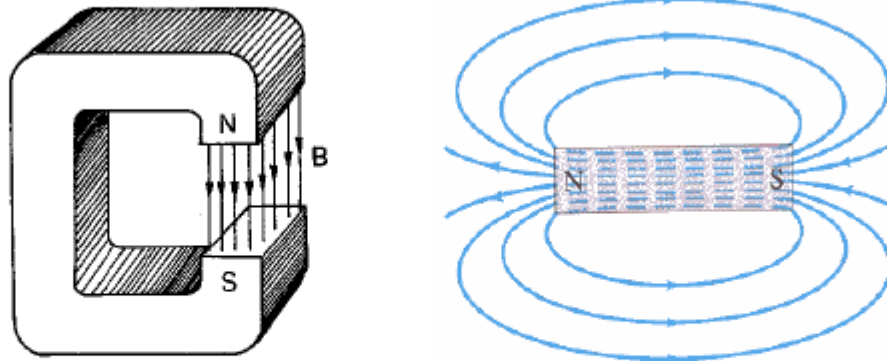
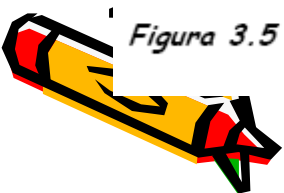


Figura 3.5 - Campo magnético uniforme e não-uniforme (Fonte: Moretto, V.P. Eletricidade e Eletromagnetismo, ed. Ática, 3ª ed, 1989).





DENSIDADE DE CAMPO MAGNÉTICO ou DENSIDADE DE FLUXO MAGNÉTICO (B):

O Fluxo magnético, cuja unidade é o **Weber (Wb)**, simbolizado por Φ , é definido como o conjunto de **todas as linhas de campo** que atingem **perpendicularmente** uma dada **área (A)**.

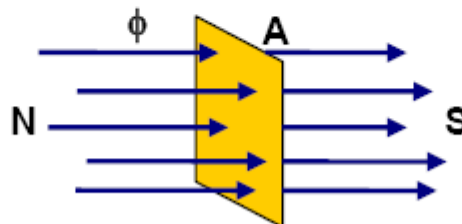


Figura 3.7 - Fluxo Magnético: quantidade de linhas de campo numa área.

A Densidade de Fluxo Magnético, cuja unidade é **Tesla (T)**, é uma relação entre o **Fluxo magnético (Wb)** e a **área (m²)**:

$$B = \frac{\Phi}{A}$$



$$1\text{T} = 10^4 \text{Gauss}$$

Um Weber corresponde a 1×10^8 linhas do campo magnético [Giancoli].



Exemplo 3.1.

Um fluxo magnético de $8 \cdot 10^{-6} \text{ Wb}$ atinge perpendicularmente uma superfície de 2 cm^2 . Determine a **densidade de fluxo B**.

Temos: $2 \text{ cm}^2 = 2 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2$. Substituindo na equação:

$$B = \frac{\phi}{A} = \frac{8 \cdot 10^{-6}}{2 \cdot 10^{-4}} = 4 \cdot 10^{-2} \text{ T}$$

Assim, a densidade de fluxo magnético é de $4 \cdot 10^{-2} \text{ T}$.

Faça novos cálculos com os dados abaixo:

a) $\phi = 6 \cdot 10^{-5} \text{ Wb}$ e $A = 1,2 \cdot 10^{-3} \text{ m}^2$. **B =**





CONVERSÕES entre Parâmetros Magnéticos: (FONTE: Introdução a Análise de Circuitos, Boylestad)

	SI (MKS)	CGS	Inglês
ϕ	Webers (Wb) 1 Wb	Maxwell = 10^8 maxwell	Linhas = 10^8 linhas
B	Wb/m ² 1 Wb/m ² = 1 T	Gauss(maxwell/cm ²) = 10^4 gauss	Linhas/pol. ² = $6,452 \times 10^4$ linhas/pol. ²
A	1 m ²	= 10^4 cm ²	= 1550 pol. ²
μ_o	$4\pi \times 10^{-7}$ Wb/Am	= 1 gauss/oersted	= 3,20 linhas/Am





Com base na tabela de conversão de unidades magnéticas, indique as unidades de cada grandeza abaixo:

	ϕ	B
SI	$5 \times 10^{-4} \text{ Wb}$	$8 \times 10^{-4} \text{ T}$
CGS		
Inglês		

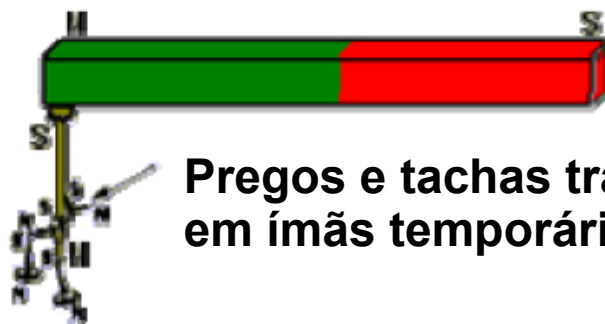
	ϕ	B
SI		
CGS	60.000 maxwells	$4,65 \times 10^{-5} \text{ gauss}$
Inglês		





IMANTAÇÃO

É o **fenômeno** de **indução** magnética de um material provocada pela **proximidade** de um **campo magnético**.



Pregos e tachas transformam-se em ímãs temporários.

Figura 4.1 - Imantação por Indução Magnética (Fonte: <http://images.google.com.br>).

Os **domínios** magnéticos do **ferro**, que normalmente estão **orientados** em **todas** as **direções** ao longo da barra, **ficam orientados** em uma **direção predominante**, como num ímã.

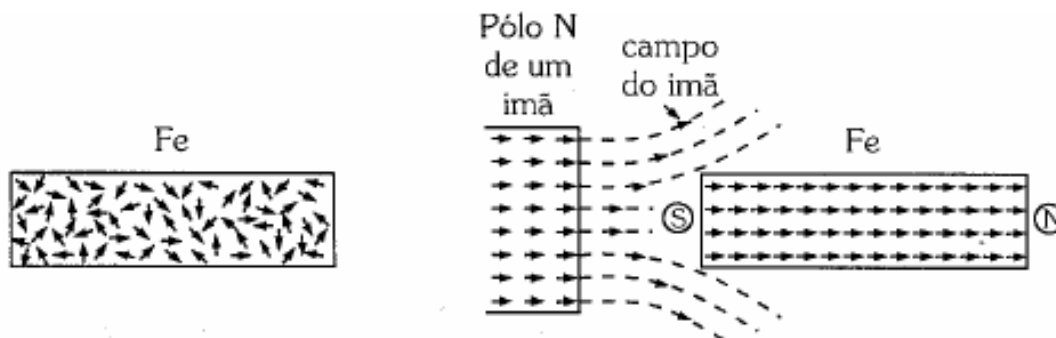


Figura 4.2 - Indução magnética (Fonte: Gozzi, G.G.M., Circuitos Magnéticos, Ed. Érica, 1996).

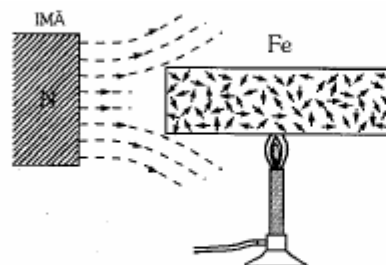
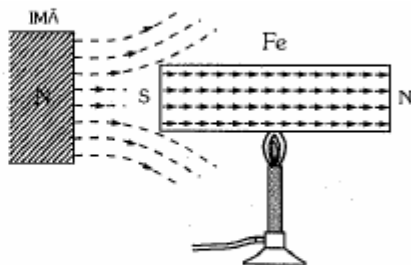


Materiais Magneticamente Moles: ao afastar o ímã, os domínios magnéticos do ferro voltam a se **desorientar**. Exemplo: Ferro Puro (ferro doce ou *soft iron*).

Materiais Magneticamente Duros (ímãs permanentes): ao afastar o ímã, os domínios magnéticos do ferro permanecem **orientados**. Exemplo: Aço e Ferrite.

Um material pode **perder** suas propriedades magnéticas quando submetido a **choques mecânicos**.

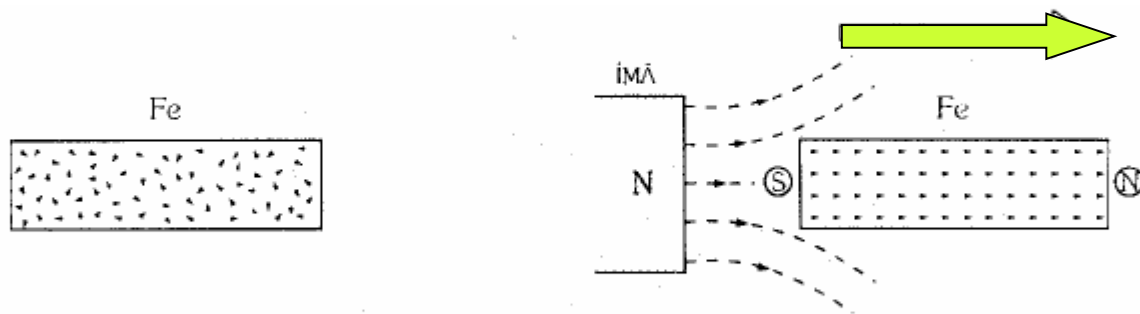
Ponto de Curie: **temperatura** na qual um ímã **perde** suas propriedade magnéticas. Ao abaixar a temperatura o mesmo pode voltar a ser um ímã.



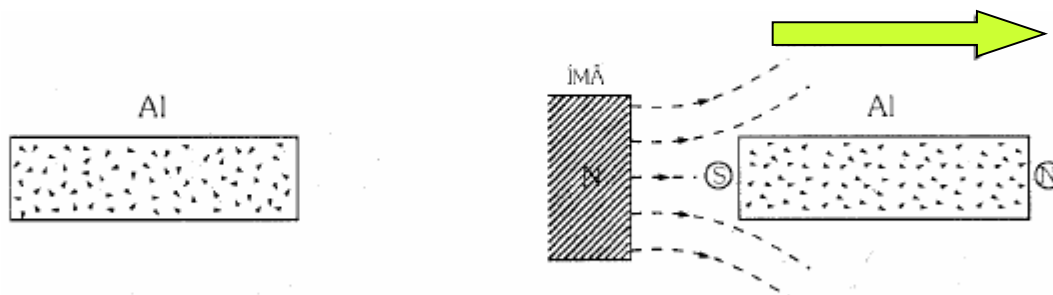
Ferro – 770°C
Cobalto – 1131°C
Níquel – 358°C

CLASSIFICAÇÃO DOS MATERIAIS

FERROMAGNÉTICO: Seus ímãs elementares sofrem **grande** influência do campo magnético indutor. São **fortemente atraídos** pelos ímãs. Exemplo: **ferro**, aços especiais, cobalto, níquel, e algumas ligas (alloys) como **Alnico** e Permalloy.

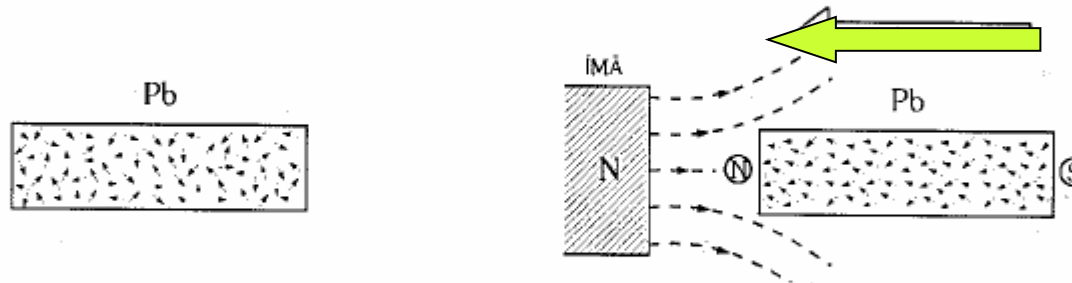


PARAMAGNÉTICO: Seus ímãs elementares sofrem **pequena** influência do campo magnético indutor. São **fracamente atraídos** pelos ímãs. Exemplo: **alumínio**, sódio, manganês, estanho, cromo, platina, paládio, oxigênio líquido, sódio, etc.

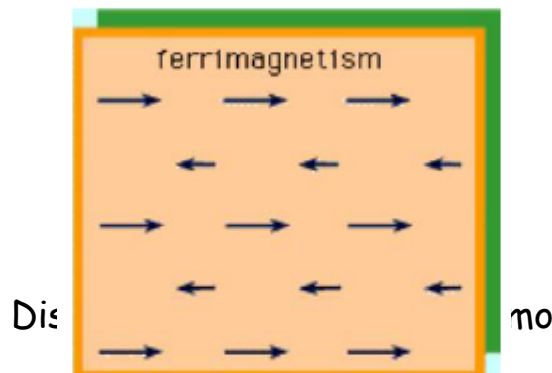




DIAMAGNÉTICO: Seus ímãs elementares sofrem **pequena** influência do campo magnético indutor. São **fracamente repelidos** pelos ímãs. Exemplo: **cobre**, água, mercúrio, **ouro**, prata, bismuto, antimônio, zinco, chumbo, Cloreto de Sódio (NaCl), etc.



FERRIMAGNÉTICO: São semelhantes aos **ferromagnéticos**. Possuem alinhamento em anti-paralelo, porém a magnetização resultante não é nula. A força resultante é **menor** do que nos materiais ferromagnéticos. Exemplo: Óxidos magnéticos como a **Ferrite**.





PERMEABILIDADE MAGNÉTICA

A Permeabilidade Magnética de um material é uma medida da **facilidade** com que as **linhas** de **campo** podem **atravessar** um dado **material**. É um conceito **similar** a **Resistividade Elétrica**.

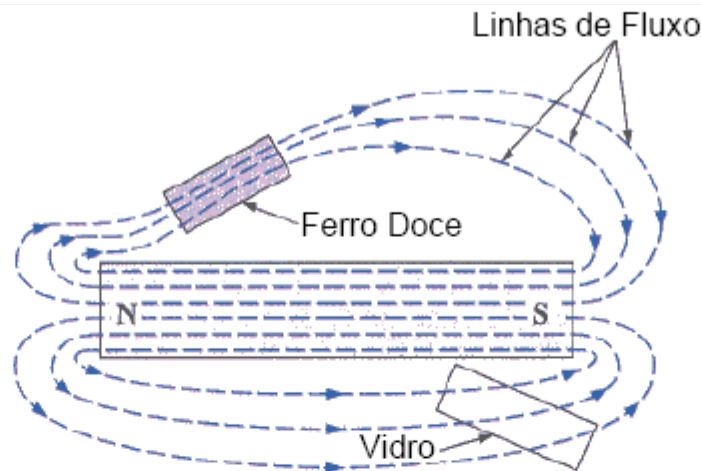


Figura 6.1 - Distribuição das linhas de campo na proximidade de um material magnético e não magnético.

(Fonte: R.L. Boylestad, *Introductory Circuit Analysis*, 10ª ed. 2003)





Figura 6.2 - Concentração das linhas de campo devido a um meio de alta permeabilidade.

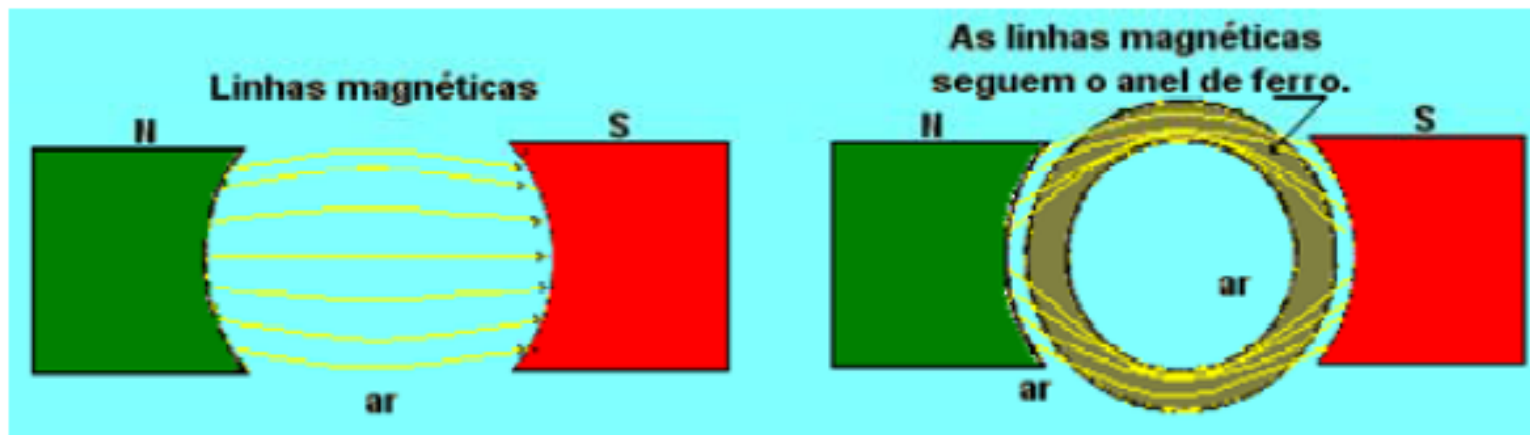


Figura 6.3 - Efeito da alta permeabilidade do ferro na blindagem magnética (Fonte: http://www.feiradeciencias.com.br/sala13/13_38.asp).





A **permeabilidade magnética no vácuo**, μ_o , vale:

$$\mu_o = 4 \cdot \pi \cdot 10^{-7} \frac{Wb}{A \cdot m}$$

A unidade de permeabilidade também pode ser expressa por **Tesla-metro por Ampère, Tm/A** ou ainda, **Henry por metro, H/m**.

A propriedade de um material pela qual ele **muda** a **indução** de um **campo magnético**, em **relação** ao seu valor no **vácuo**, é chamada Permeabilidade Magnética **Relativa** (μ_R):

$$\mu_r = \frac{\mu_m}{\mu_o}$$

onde:

μ_r - permeabilidade relativa de um material (adimensional)

μ_m - permeabilidade de um dado material

μ_o - permeabilidade do vácuo





Tabela 6.1 - Materiais quanto à Permeabilidade Relativa

Permeabilidade Relativa, μ_R	Tipo de Material
$\gg 1$	Ferromagnéticos
$\cong 1$	Paramagnéticos
< 1	Diamagnéticos

Tabela 6.2 - Permeabilidade Relativa de Materiais Ferromagnéticos

Tipo de Material	Permeabilidade Relativa, μ_R
Ferro Comercial	9.000
Ferro Purificado	200.000
Ferro Silício	55.000
Permalloy	1×10^6
Supermalloy	1×10^7
Permendur	5.000
Ferrite	2.000





RELUTÂNCIA MAGNÉTICA

A **relutância magnética** é uma **medida** da **oposição** que um **meio** oferece ao **estabelecimento** e **concentração** das **linhas** de campo magnético. É análoga a **resistência elétrica**.

$$\mathcal{R} = \frac{\ell}{\mu \cdot A}$$

onde:

\mathcal{R} - relutância magnética, *rel/s* ou Ae/Wb (Ampéres-espiras⁵ por Weber);

ℓ - comprimento médio do caminho magnético das linhas de campo no meio, m;

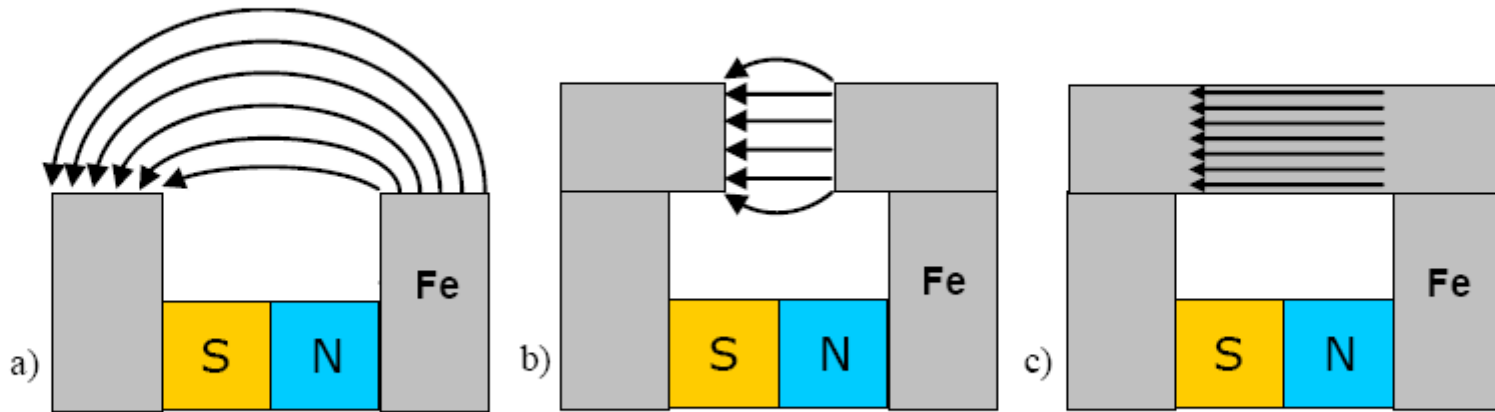
μ - permeabilidade magnética do meio, Wb/Am;

A - área da seção transversal, m².

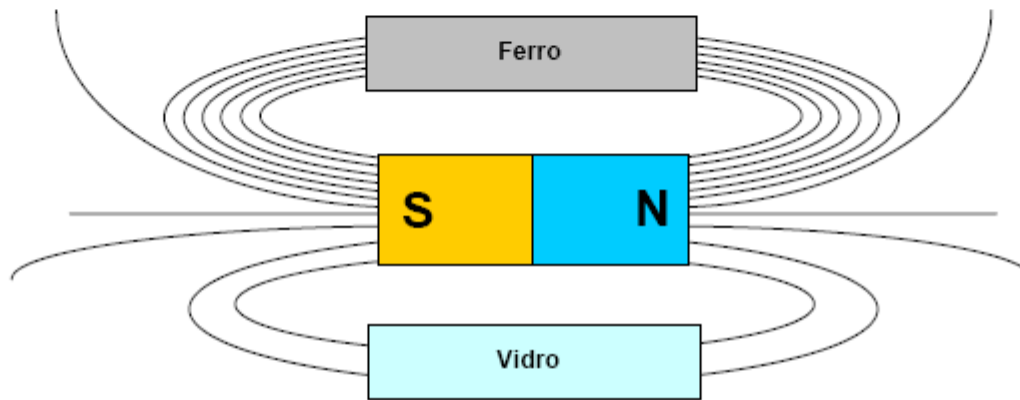




Qual apresenta relutância: ALTA, BAIXA e MENOR?



Qual apresenta caminho magnético de ALTA e BAIXA relutância?





EXERCÍCIOS

http://www.fisicapaidegua.com/teoria/exercicios_mag/introducao.htm

01. (Cesgranrio-RJ) Aproxima-se uma barra imantada de uma pequena bilha de aço, observa-se que a bilha:



- a) é atraída pelo pólo norte e repelida pelo pólo sul.
- b) é atraída pelo pólo sul e repelida pelo pólo norte.
- c) é atraída por qualquer dos pólos.
- d) é repelida por qualquer dos pólos.
- e) é repelida pela parte mediana da barra.

02. (PUC-RS) Três barra, PQ, RS e TU, são aparentemente idênticas. Verifica-se experimentalmente que P atrai S e repele T; Q repele U e atrai S. Então, é possível concluir que:



- a) PQ e TU são ímãs.
- b) PQ e RS são ímãs.
- c) RS e TU são ímãs.
- d) as três são ímãs.
- e) somente PQ é ímã.





03.(Eng. Santos-SP) O pólo sul de um ímã natural:

- a) atrai o pólo sul de outro ímã, desde que ele seja artificial.
- b) repele o pólo norte de um ímã também natural.
- c) atrai o pólo norte de todos os ímãs, sejam naturais ou artificiais.
- d) atrai o pólo sul de outro ímã, sejam naturais ou artificiais.
- e) não interage com um eletroímã em nenhuma hipótese.

04.(UFSC) Uma bússola aponta aproximadamente para o Norte geográfico porque:

- I) o Norte geográfico é aproximadamente o norte magnético.
- II) o Norte geográfico é aproximadamente o sul magnético.
- III) o Sul geográfico é aproximadamente o norte magnético.
- IV) o sul geográfico é aproximadamente o sul magnético.

Está(ão) correta(s):

- a) II e III.
- b) I e IV.
- c) somente II.
- d) somente III.
- e) somente IV.





- 05.**(UFMA) Por mais que cortemos um ímã, nunca conseguiremos separar seus pólos. Qual o nome deste fenômeno?
- a) Desintegrabilidade dos pólos.
 - b) Separabilidade dos pólos.
 - c) Inseparabilidade dos pólos.
 - d) Magnetibilidade dos pólos.
- 06.**(UFES) Quando magnetizamos uma barra de ferro estamos:
- a) retirando elétrons da barra.
 - b) acrescentando elétrons à barra.
 - c) retirando ímãs elementares da barra.
 - d) acrescentando ímãs elementares da barra.
 - e) orientando os ímãs elementares da barra.
- 07.**(UFPA) Para ser atraído por um ímã, um parafuso precisa ser:
- a) mais pesado que o ímã.
 - b) mais leve que o ímã.
 - c) de latão e cobre.
 - d) imantado pela aproximação do ímã.
 - e) formando por uma liga de cobre e zinco.





08.(ITA-SP) Um pedaço de ferro é posto nas proximidades de um ímã, conforme o esquema abaixo. Qual é a única afirmação correta relativa à situação em apreço?

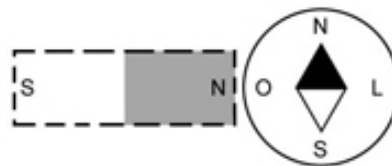


- a) é o ímã que atrai o ferro.
- b) é o ferro que atrai o ímã.
- c) a atração do ferro pelo ímã é mais intensa do que a atração do ímã pelo ferro.
- d) a atração do ímã pelo ferro é mais intensa do que a atração do ferro pelo ímã.
- e) a atração do ferro pelo ímã é igual à atração do ímã pelo ferro.





09.(Cesgranrio-RJ) a bússola representada na figura repousa sobre a sua mesa de trabalho. O retângulo tracejado representa a posição em que você vai colocar um ímã, com os pólos respectivos nas posições indicadas. Em presença do ímã, a agulha da bússola permanecerá como em:



- a)
- b)
- c)
- d)
- e)

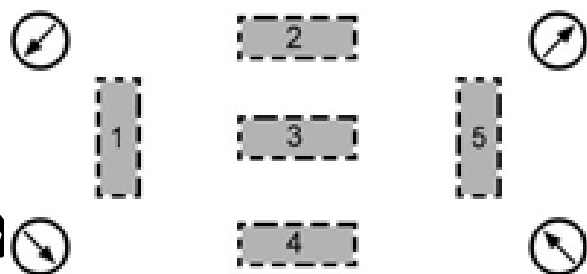




10.(PUC-PR) Pendura-se um alfinete pela ponta em uma tesoura. Em seguida, pendura-se um outro alfinete em contato somente com o anterior. Pode-se dizer que:

- a) o segundo alfinete é atraído pela tesoura.
- b) só o primeiro alfinete foi induzido a funcionar como ímã.
- c) o segundo alfinete é suspenso devido ao seu pouco peso.
- d) os dois alfinetes funcionam como ímãs.
- e) nada dito acima explica o fato.

11.(Cesgranrio-RJ) Quatro bússolas estão colocadas no tampo de uma mesa de madeira nas posições ilustradas na figura. Elas se orientam conforme é mostrado, sob a ação do forte campo magnético de uma barra imantada colocada em uma das cinco posições numeradas. O campo magnético terrestre é desprezível. A partir da orientação das bússolas, pode-se concluir, que o ímã está na posição:



- a) 1
- b) 2
- c) 3
- d) 4
- e) 5

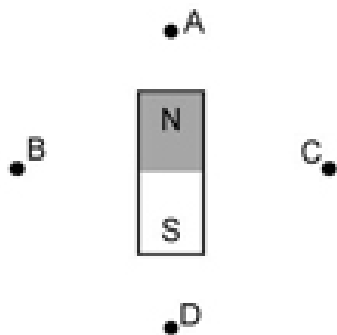




12.(PUC-SP) Quando uma barra de ferro é magnetizada, são:

- a) acrescentados elétrons à barra.
- b) retirados elétrons da barra.
- c) acrescentados ímãs elementares à barra.
- d) retirados ímãs elementares da barra.
- e) ordenados os ímãs elementares da barra.

13.(UFRS) Uma pequena bússola é colocada próxima de um ímã permanente. Em quais posições assinaladas na figura a extremidade norte da agulha apontará para o alto da página?



- a) somente em A ou D.
- b) somente em B ou C.
- c) somente em A, B ou D.
- d) somente em B, C ou D.
- e) em A, B, C ou D.





14. (Mackenzie-SP) As linhas de indução de um campo magnético são:
- a) o lugar geométrico dos pontos, onde a intensidade do campo magnético é constante.
 - b) as trajetórias descritas por cargas elétricas num campo magnético.
 - c) aquelas que em cada ponto tangenciam o vetor indução magnética, orientadas no seu sentido.
 - d) aquelas que partem do pólo norte de um ímã e vão até o infinito.
 - e) nenhuma das anteriores é correta.

GABARITOS:

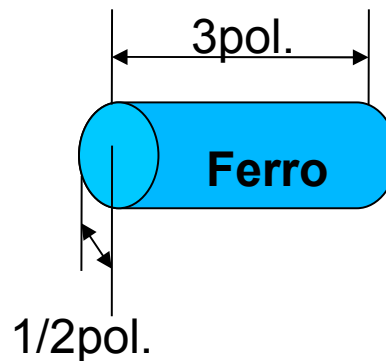
- 01. c
- 02. a
- 03. c
- 04. a
- 05. c
- 06. e
- 07. d
- 08. e
- 09. b
- 11. e
- 12. d
- 13. a
- 14. c





(FONTE: Introdução a Análise de Circuitos, Boylestad)

15. Em qual das amostras vistas abaixo é a maior relutância ao longo da maior dimensão?



1 pol. = 2,54 cm = 0,0254 m

R.: $2,96 \times 10^6$ rels; $1,20 \times 10^8$ rels.

