Cap 8 : Campo Magnético

8.1 – Linhas de campo magnético

8.2 – Campo magnético criado por cargas em movimento

8.3 –Campo magnético criado por correntes: Lei de Biot-Savart

8.4 – Aplicações da Lei de Biot-Savart

8.5 – Lei de Ampère

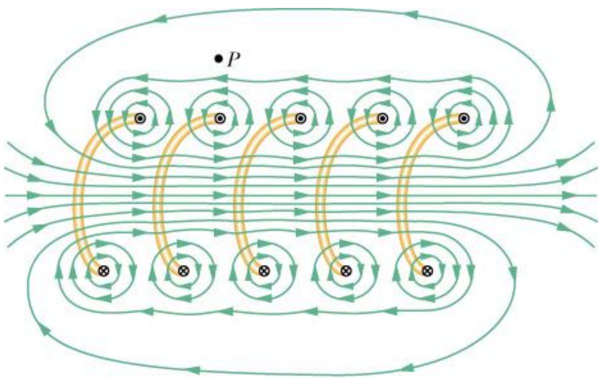
8.6 – Força magnética entre condutores paralelos

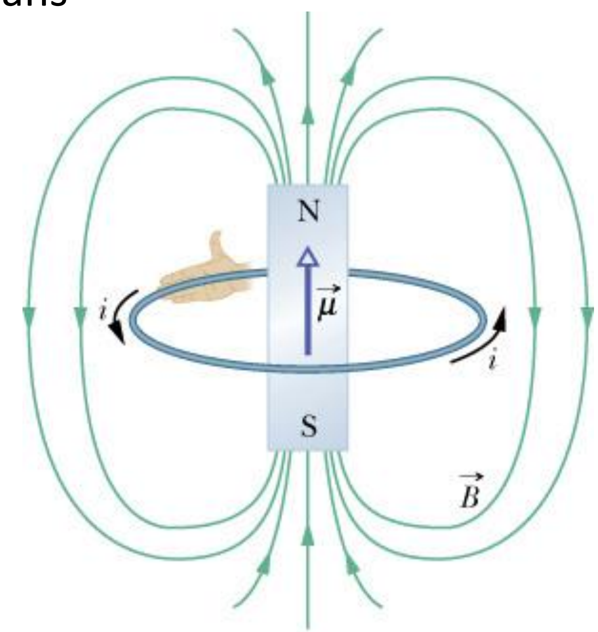
Campo magnético: $\overrightarrow{B}$

correntes

Imans

Cargas em movimento



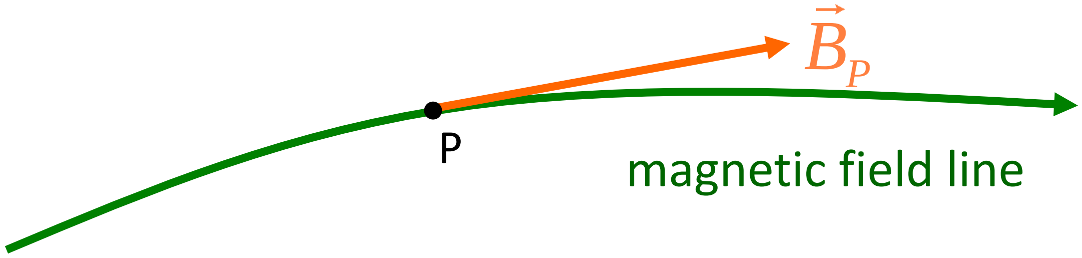


Este capítulo trata da origem do campo magnético:
cargas em movimento e correntes elétricas.

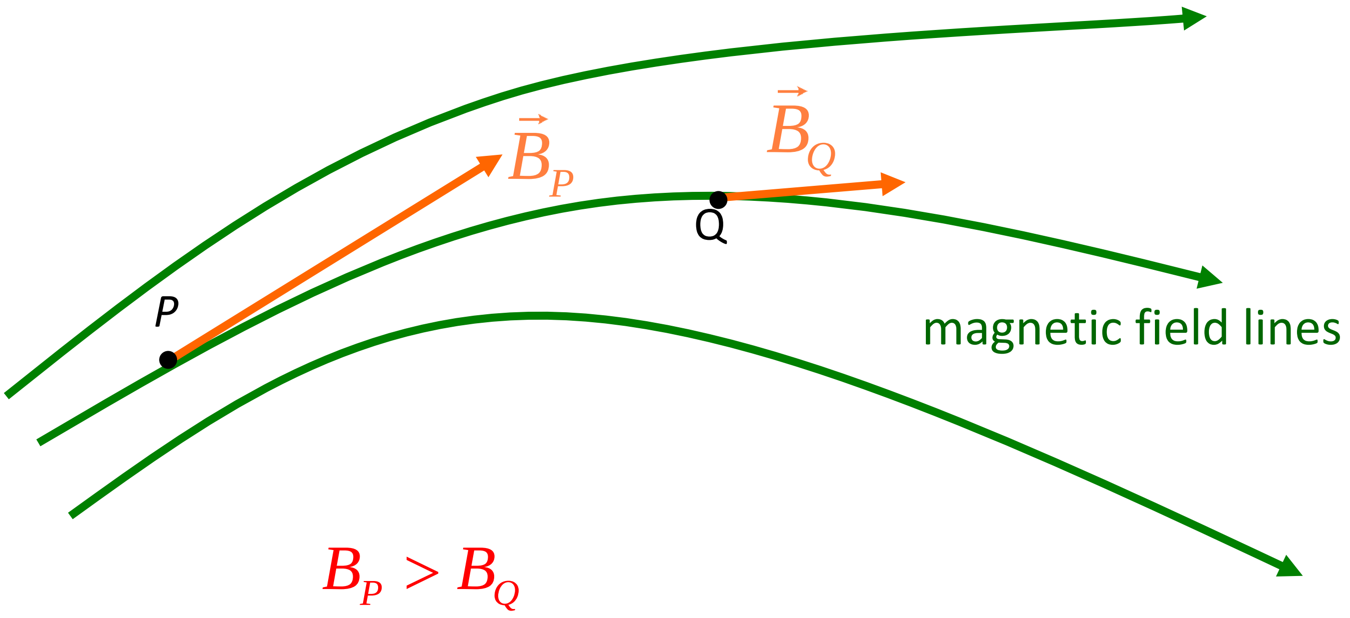
8.1 – Linhas de campo magnético

De forma análoga ao campo elétrico, o campo magnético é também descrito por linhas de campo.

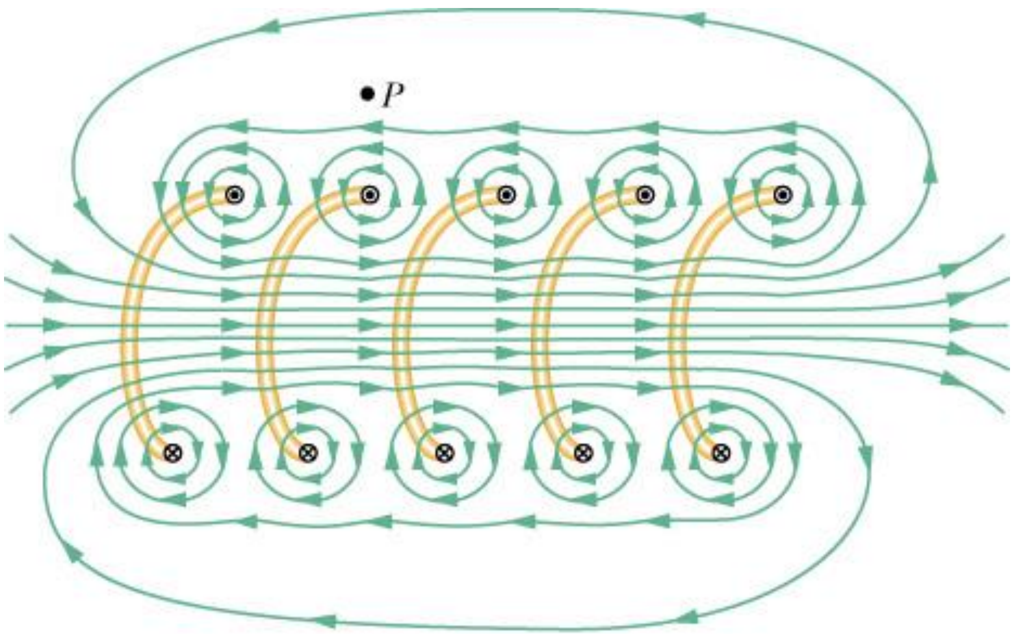
- Em qualquer ponto o $\vec{B}$ é tangente à linha de campo, com o sentido da linha

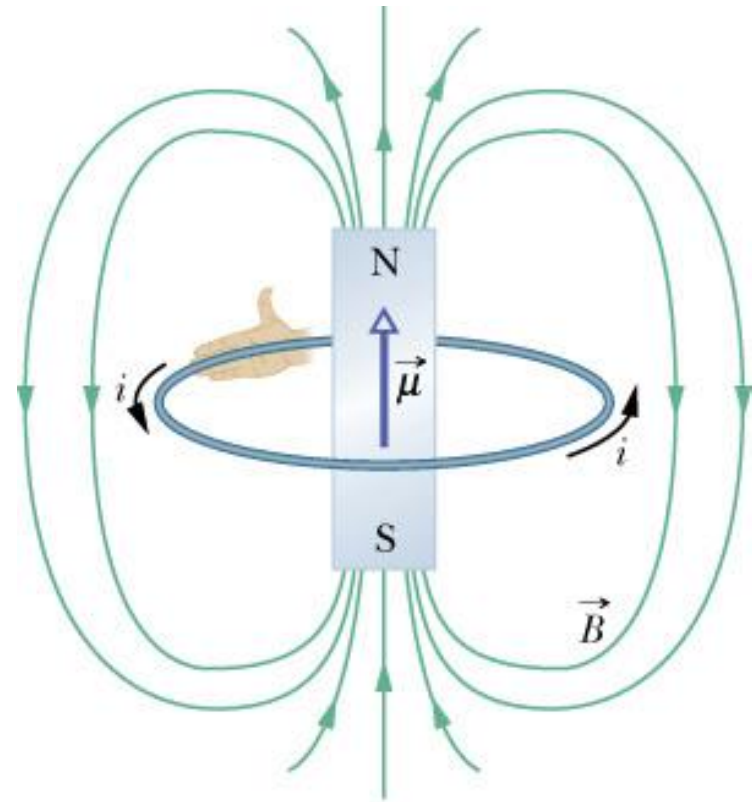


- Intensidade de campo- relacionada com densidade de linhas de B

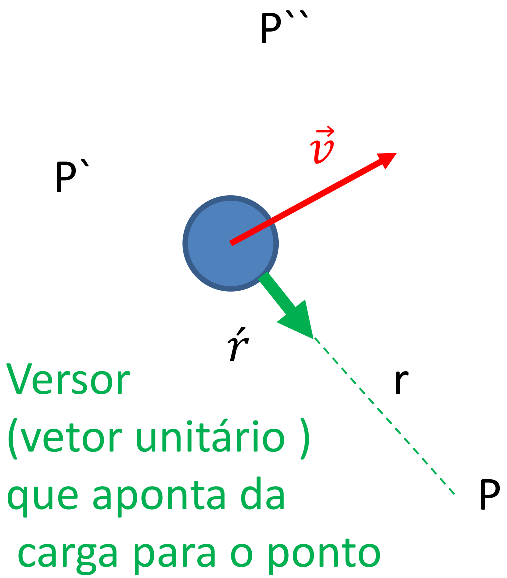


- São linhas fechadas





8.2 – Campo magnético criado por cargas em movimento



Na vizinhança de uma carga em movimento existe um

$$\vec{\boldsymbol{B}}$$

$$\boldsymbol{q\vec{v}} - entidade\ que\ cria\ o\ B$$

- É uma função do ponto: P, P´, P´´
- Depende da distância à entidade criadora
- Depende do ângulo entre $\vec{v}\ \ e\ \ \vec{r}´$ (P, P´, P´´)

O campo magnético $\overrightarrow{B_P}$ num ponto P, devido a uma carga q que se move com velocidade $\vec{v}$, tem as seguintes propriedades:

1. $\overrightarrow{B_P}$ é $\perp$ $\vec{v}$ e $\overrightarrow{B_P}$ é $\perp$ $\hat{r}$

vetor unitário dirigido da carga para o ponto

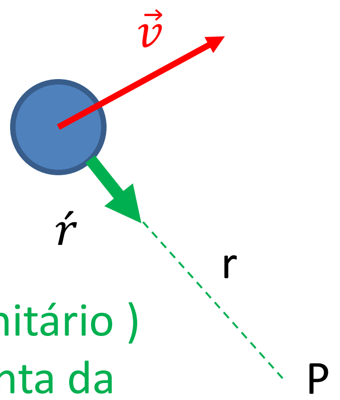
velocidade da carga

2. $\propto |\overrightarrow{B_P}| \propto {}^{1}/_{r^2}$

distância entre a carga e o ponto

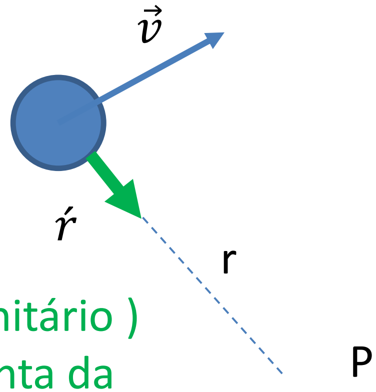
3. $|\overrightarrow{B_P}|$ é $\propto$ $\boldsymbol{q}$ e $\propto$ $|\vec{v}|$ (da carga)

4. $|\overrightarrow{B_P}|$ é $\propto$ ***sen*** $\boldsymbol{\theta}$, sendo θ o ângulo entre $\vec{v}$ e $\hat{r}$.



Versor
(vetor unitário)
que aponta da
carga para o ponto

No ponto P o campo $\vec{\boldsymbol{B}}$ é dado por:



Versor
(vetor unitário)
que aponta da
carga para o ponto

$q\vec{v} - entidade\ que\ cria\ o\ B$

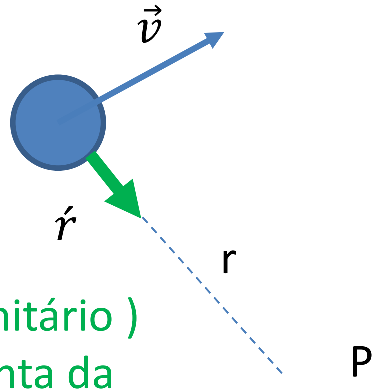
Permeabilidade do vazio

$$\overrightarrow{B_P} = \frac{\mu_0}{4\pi}\frac{q\vec{v}\text{x}\hat{r}}{r^2}$$

Versor do vetor
que une a carga
ao ponto

Distância entre q e o ponto

$$\overrightarrow{B_P} = \left|\vec{B}\right|\ versor$$



Versor
(vetor unitário)
que aponta da
carga para o ponto

$q\vec{v} - entidade\ que\ cria\ o\ B$

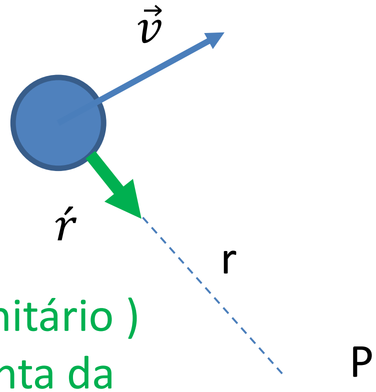
$\frac{\mu_0}{4\pi} = C^{te} = 10^{-7}\,\frac{Wb}{A\,m}$(SI)

$$\overrightarrow{B_P} = \frac{\mu_0}{4\pi}\frac{q\vec{v}\mathrm{x}\hat{r}}{r^2}$$

Distância

O campo magnético é **perpendicular** ao vetor velocidade e ao versor do vetor que aponta da carga para o ponto

Como calcular????



Versor
(vetor unitário)
que aponta da
carga para o ponto

$$\overrightarrow{B_P} = \frac{\mu_0}{4\pi}\frac{q\vec{v}\mathrm{x}\hat{r}}{r^2}$$

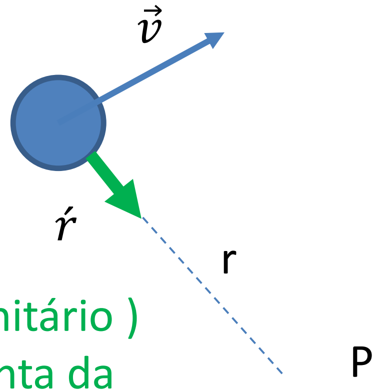
$q\vec{v} - entidade\ que\ cria\ o\ B$

$$\overrightarrow{(v\ \mathrm{x}\ \hat{r})}$$?????????????

$$\begin{vmatrix} i & j & k \\ vx & vy & vz \\ rx & ry & rz \end{vmatrix} = i(vyrz - ryvz) - j(vxrz - rxvz) + k(vxry - rxVy)$$

$$= a(i) + b(j) + c(k)$$

OU



Versor
(vetor unitário)
que aponta da
carga para o ponto

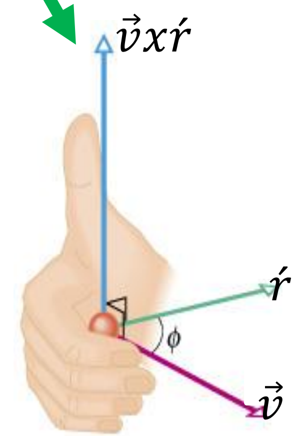
$$\overrightarrow{B_P} = \frac{\mu_0}{4\pi}\frac{q\vec{v}\mathrm{x}\hat{r}}{r^2}$$

$$\overrightarrow{B_P} = |\vec{B}|\ versor$$

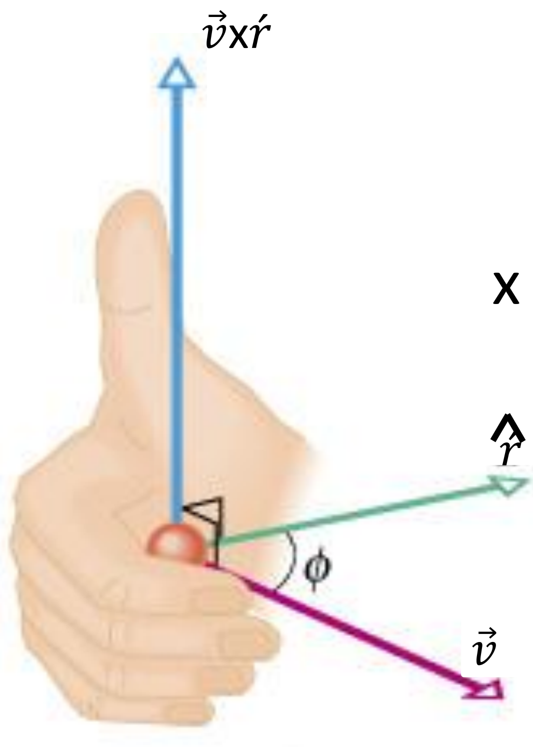
$$|\vec{B}| = \frac{\mu_0}{4\pi}\frac{|q||\vec{v}|\ sin\phi}{r^2}$$

$$|\vec{v}\ \mathrm{x}\hat{r}\ | = |\vec{v}|\ |\hat{r}|\ sin\phi$$

$$|\hat{r}\ | = 1$$

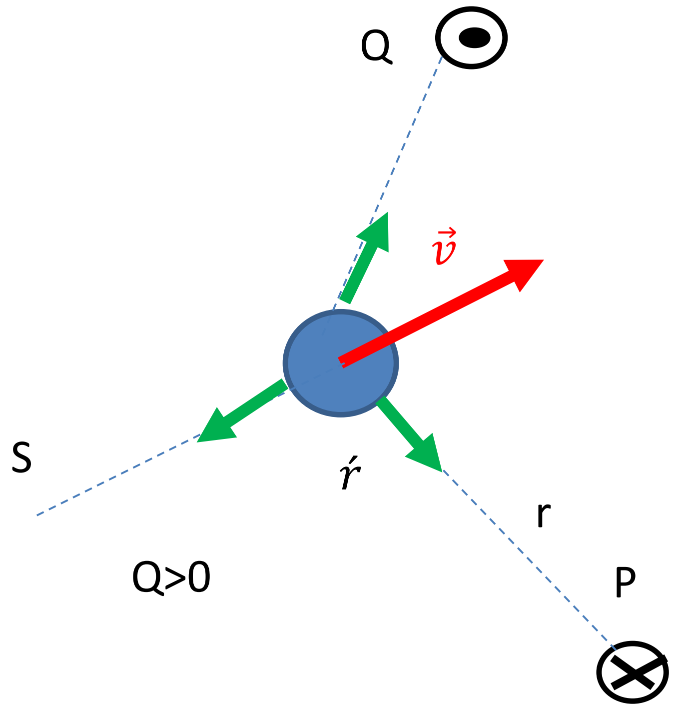


Regra da mão direita
(direção e sentido):



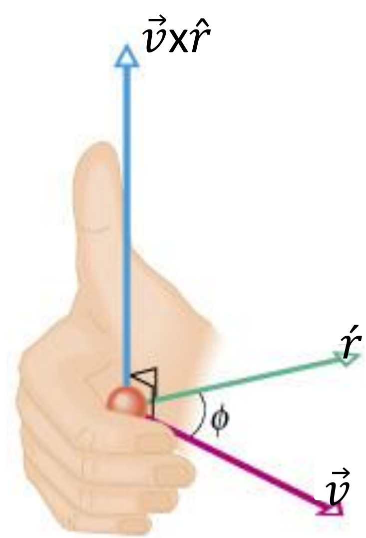
Usada para a Força magnética ($\vec{v}$x$\vec{\acute{B}}$)

Regra da mão direita (direção e sentido de $\vec{v}$x$\hat{r}$): dedos no sentido de $\vec{v}$ e fechar a mão para o versor. O polegar dá direção e sentido de B.

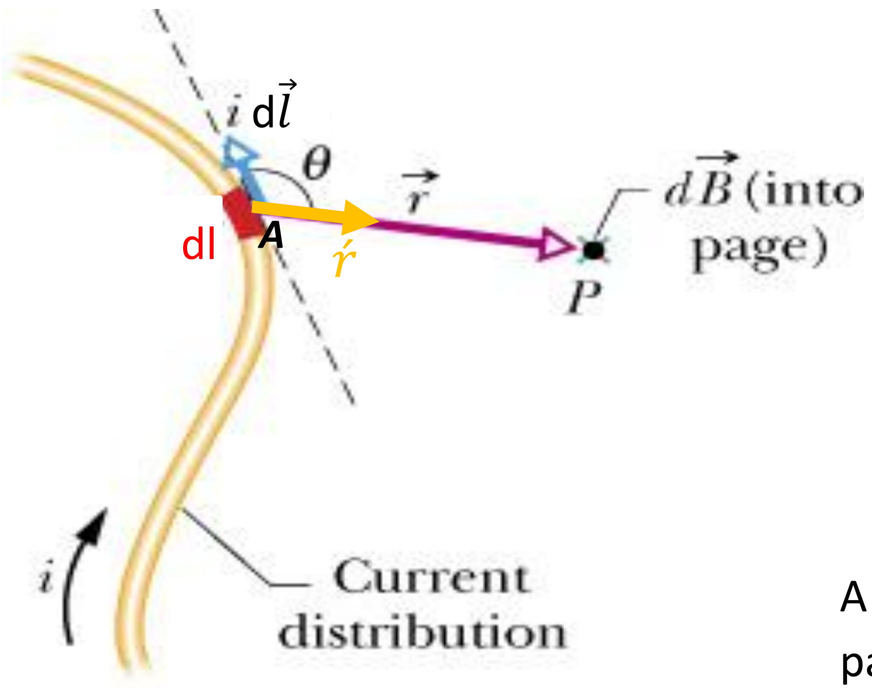


Assim:

- em P o campo B aponta para dentro da folha;
- em Q o campo B aponta para fora da folha;
- em S o campo B é nulo, pois *sin* 180º = 0



6.3 – Campo magnético criado por correntes: Lei de Biot-Savart



Cargas em movimento criam $\overrightarrow{B_P}$, logo uma ***I*** cria um $\overrightarrow{B_P}$

Lei de B-S: cálculo de $\overrightarrow{B_P}$ num ponto, provocado por um elemento de corrente

A contribuição do elemento de corrente (i $d\vec{l}$) para $\overrightarrow{B_P}$ no ponto P

$$d\overrightarrow{B_P} = \frac{\mu_0}{4\pi}\frac{i\overrightarrow{dl}\times\hat{r}}{r^2}$$

A Lei de Biot-Savart diz que, se um fio condutor transporta uma I constante, o campo magnético d$\overrightarrow{B_P}$ num ponto P, associado a um elemento do condutor d$\vec{l}$, tem as seguintes propriedades:

$$d\overrightarrow{B_P} = \frac{\mu_0}{4\pi}\frac{i\overrightarrow{dl}\times\hat{r}}{r^2}$$

1. d$\overrightarrow{B_P}$ é $\perp$ d$\vec{l}$ e d$\overrightarrow{B_P}$ é $\perp$ $\hat{r}$

vetor unitário dirigido do elemento condutor para o ponto

elemento do fio no sentido da corrente

2. $\left|d\overrightarrow{B_P}\right| \propto {}^{1}/_{r^2}$

distância entre o elemento de corrente e o ponto

3. |d$\overrightarrow{B_P}$ | é $\propto$ ***I*** e $\propto$ |d$\vec{l}$ | do elemento do condutor

4. |d$\overrightarrow{B_P}$ | é $\propto$ ***sen*** $\boldsymbol{\theta}$, θ é o ângulo entre d$\vec{l}$ e $\hat{r}$.

Lei de Biot-Savart
+ princípio de sobreposição:

Cálculo do $\overrightarrow{B_P}$ de uma distribuição de correntes:

$$\mathrm{d}\overrightarrow{B_P} = \frac{\mu_0}{4\pi}\frac{i\overrightarrow{dl}\times\hat{r}}{r^2}$$

Integral ao longo do fio

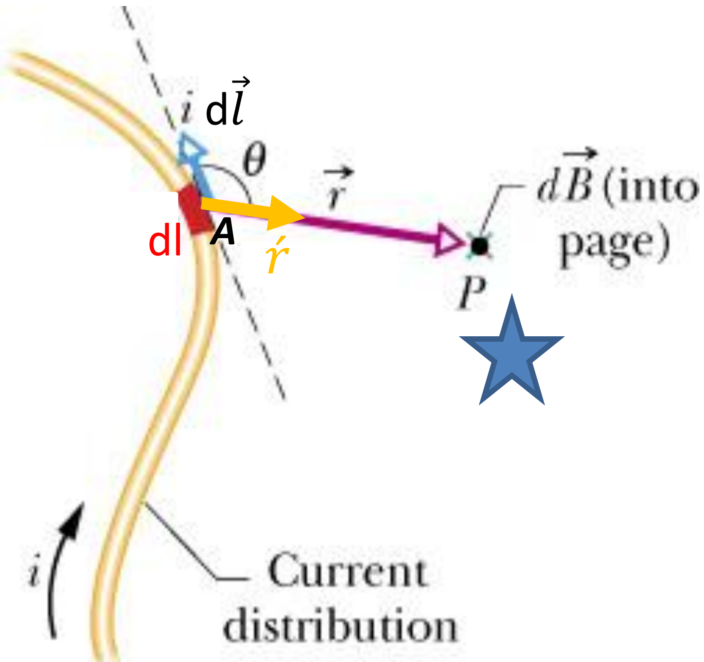
$$\overrightarrow{B_P} = \int \mathrm{d}\overrightarrow{B_P} = \cdots = \text{exemplos}$$

(fio, anel; solenoide)

$$d\overrightarrow{B_P} = \frac{\mu_0}{4\pi}\frac{i\overrightarrow{dl}\times\hat{r}}{r^2}$$

Regra da mão direita
(direção e sentido de $\overrightarrow{dl}x\acute{r}$):

+
Módulo:



$\hat{r}$

$$\left|\overrightarrow{dl}\times\hat{r}\right| = \left|\overrightarrow{dl}\right|\,|\hat{r}|\sin\theta$$

$|\hat{r}|$=1

$$\frac{\mu_0}{4\pi} = 1x10 - 7\ (T\frac{m}{A})$$

Lei de B-S do magnetismo versus Lei de Coulomb da eletrostática

	Lei de Biot-Savart	**Lei de Coulomb**
Elemento criador	$I\,\mathrm{d}\vec{l}\;(q\vec{v})$	q
Dependência com distância	$\propto 1/r^2$	$\propto 1/r^2$
Direção	$\perp \mathrm{d}\vec{l}$ e a $\vec{r}$	Radial (carga pontual) Segundo a reta que une a carga ao ponto

8.4 – Aplicações da Lei de Biot-Savart

8.4.1- Campo magnético na vizinhança de um fio percorrido por uma corrente I

8.4.2- Campo magnético no centro de um anel de raio R percorrido por uma corrente I

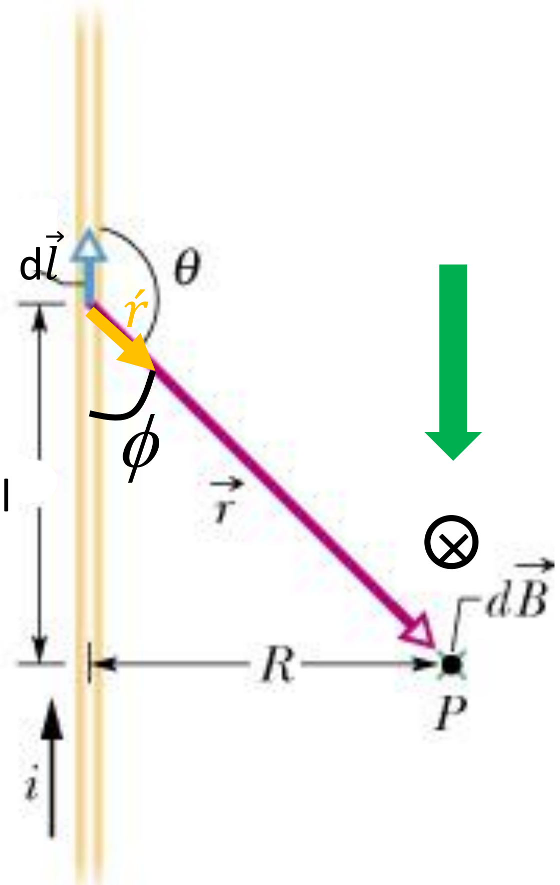
8.4.3 Campo magnético no interior de um solenoide

Lei de Biot-Savart

$$\mathrm{d}\overrightarrow{B_P} = \frac{\mu_0}{4\pi}\frac{i\overrightarrow{dl}\times\hat{r}}{r^2}$$

$$\mathrm{d}\overrightarrow{B_P} = \left|\mathrm{d}\overrightarrow{B_P}\right| \text{ VERSOR}$$

8.4.1 Campo magnético na vizinhança de um fio percorrido por uma corrente I



???

$$d\overrightarrow{B_P} = \frac{\mu_0}{4\pi}\frac{i\overrightarrow{dl}\times\hat{r}}{r^2}$$

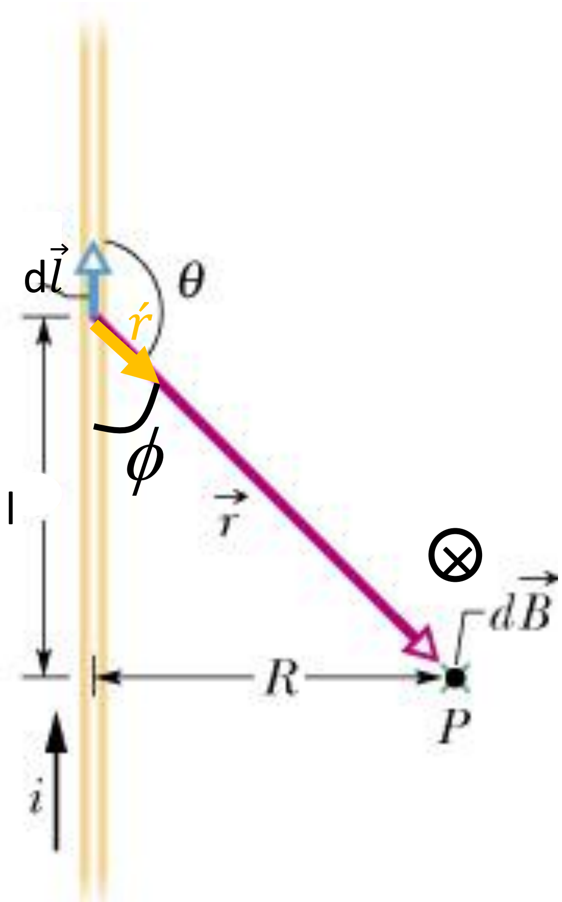
$$d\overrightarrow{B_P} = \left|d\overrightarrow{B_P}\right| \text{ VERSOR}$$

RMD

$$\left|d\overrightarrow{B_P}\right| = \frac{\mu_0}{4\pi}\frac{I\left|\overrightarrow{dl}\right|\,|\hat{r}|\sin\theta}{r^2}$$

$$\left|\overrightarrow{dl}\times\hat{r}\right| = \left|\overrightarrow{dl}\right|\,|\hat{r}|\sin\theta = dl\,\sin\theta$$

$|\hat{r}|$=1



$$|d\vec{B_P}| = \frac{\mu_0}{4\pi}\frac{I|\vec{dl}|\,|\hat{r}|\sin\theta}{r^2}$$

$$\overrightarrow{|B_P|} = \int |d\overrightarrow{B_P}| = \int \frac{\mu_0 I}{4\pi}\frac{dl\ \ sin\ \theta}{r^2} =$$

ao longo do fio...
r e o ângulo variam na integração

$$= \frac{\mu_0\, I}{4\pi}\int\frac{dl\ \ sin\ \ \theta}{R^2 + l^2} = \frac{\mu_0\, I}{4\pi}\int\frac{dl\ \ R}{(R^2+l^2)^{3/2}} = \cdots = \frac{\boldsymbol{\mu_0 I}}{\boldsymbol{2\pi\, R}}$$

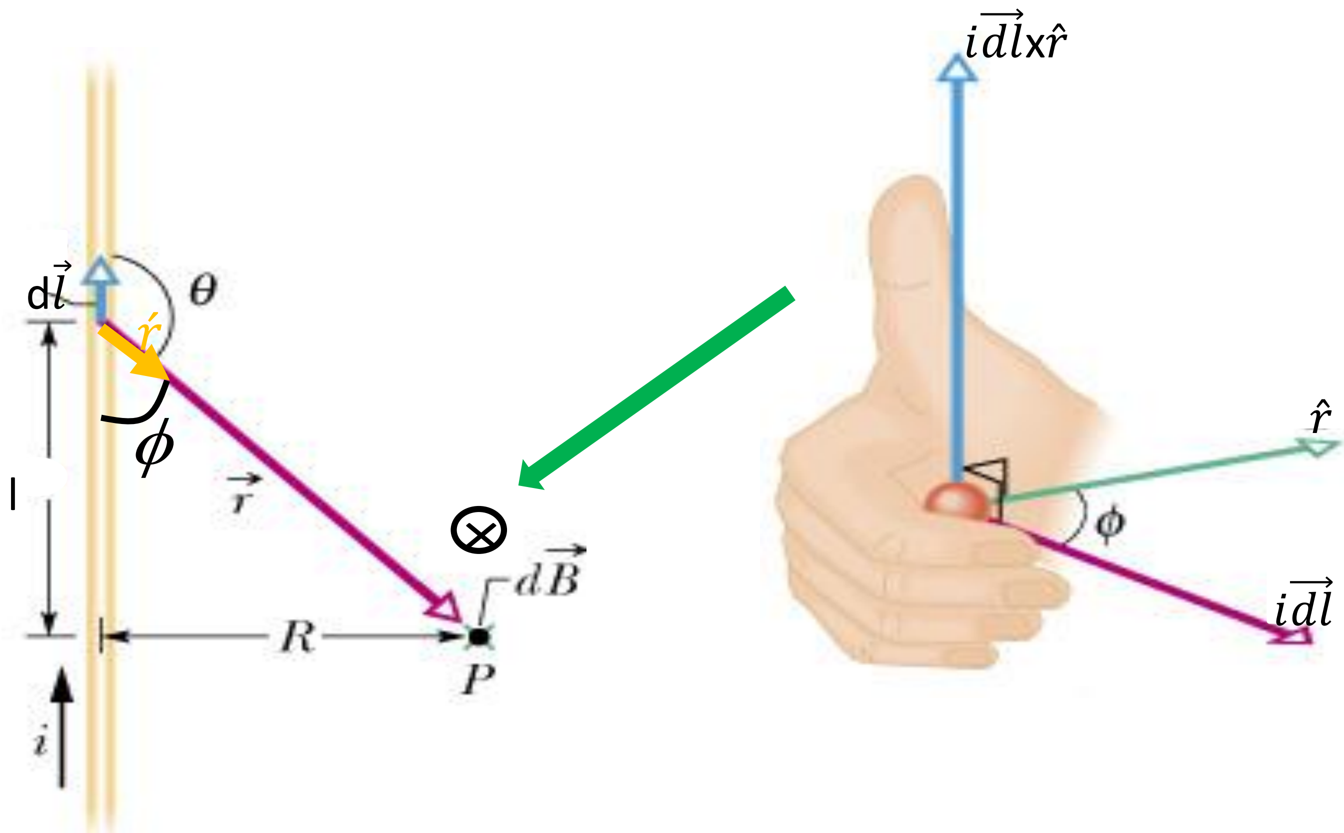
PS: (θ= 180º - ϕ); $sen\ \theta\ = sen\ \phi = \frac{\mathrm{R}}{\mathrm{r}} = \frac{R}{\sqrt{R^2+l^2}}$

Módulo:

$$\boxed{B = \frac{\mu_0 i}{2\pi R}}$$

- proporcional a I e
- varia inversamente com a distância

???Direção e sentido???
REGRA DA MÃO DIREITA:



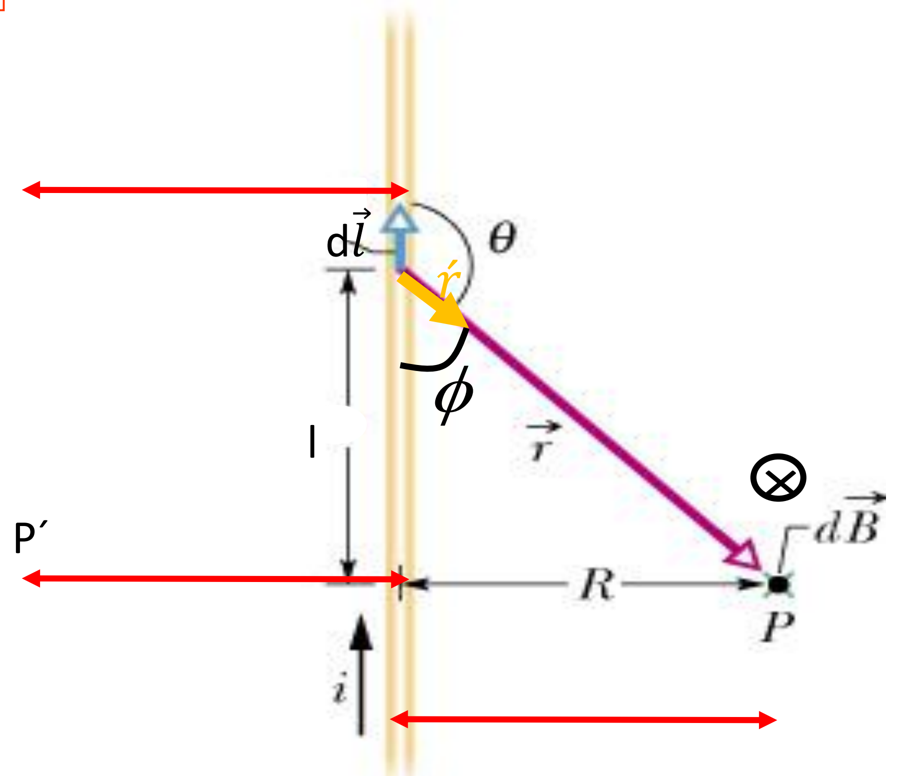
GENERALIZANDO:

O **módulo** de campo magnético criado por um fio percorrido por uma corrente i, no ponto P (que dista R do fio) é dado por:

$$B_P = \frac{\mu_0 i}{2\pi R}$$

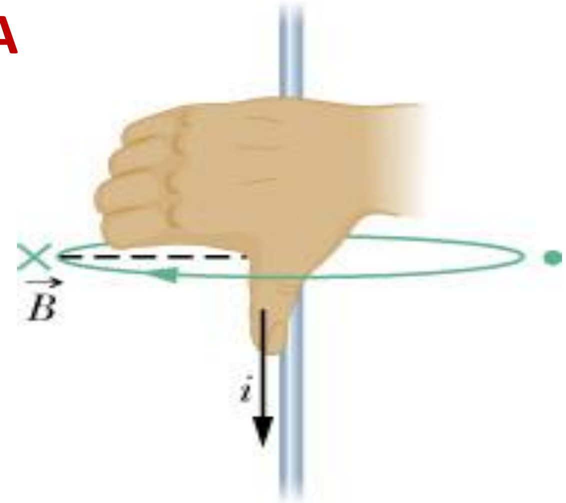
O módulo do campo magnético é o mesmo em qualquer ponto que diste R do fio: P, P´, P``

- proporcional a I e
- varia inversamente com a distância



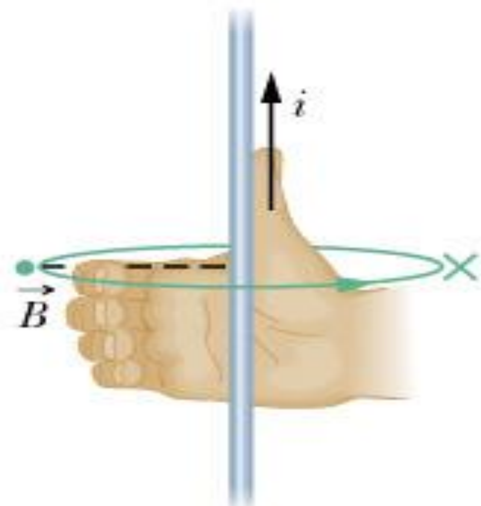
….Direção e sentido de B pode ser obtido da seguinte forma: "MAO DIREITA"

???Direção e sentido???MÃO DIREITA



(a)

“Agarrar” o fio percorrido por uma I constante, com a mão direita, **com o polegar no sentido da I,** os outros dedos da mão curvam-se na direção do campo magnético.



(b)

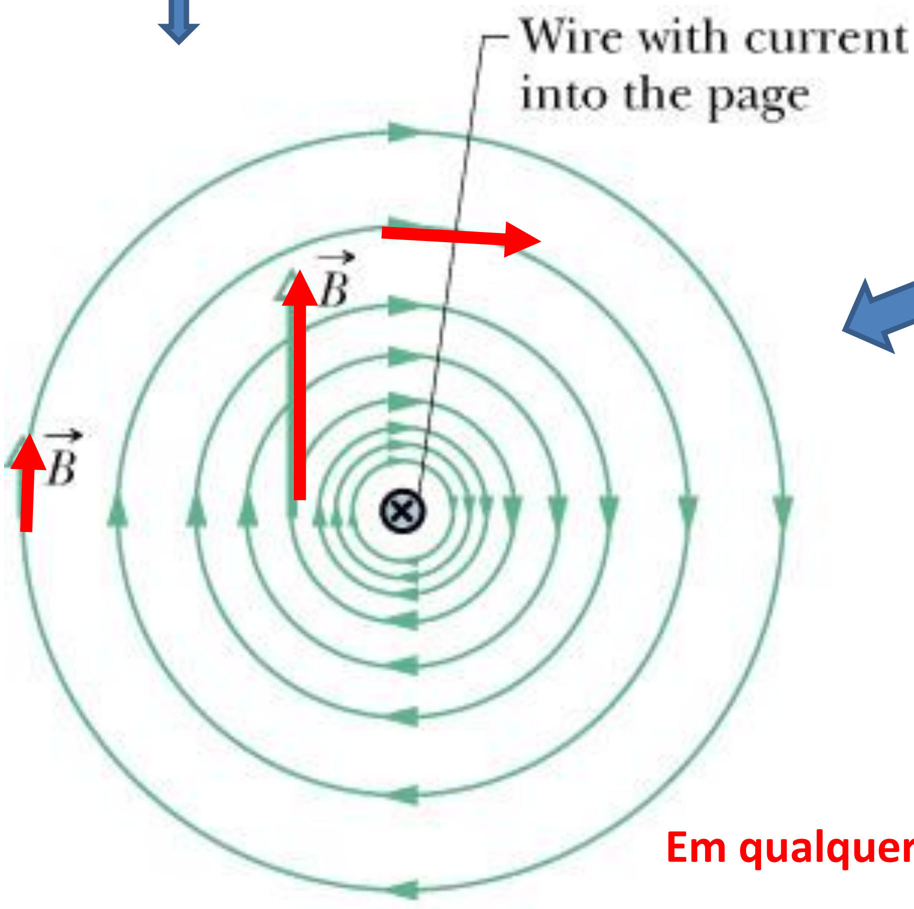
As linhas de campo são círculos em torno ao fio.

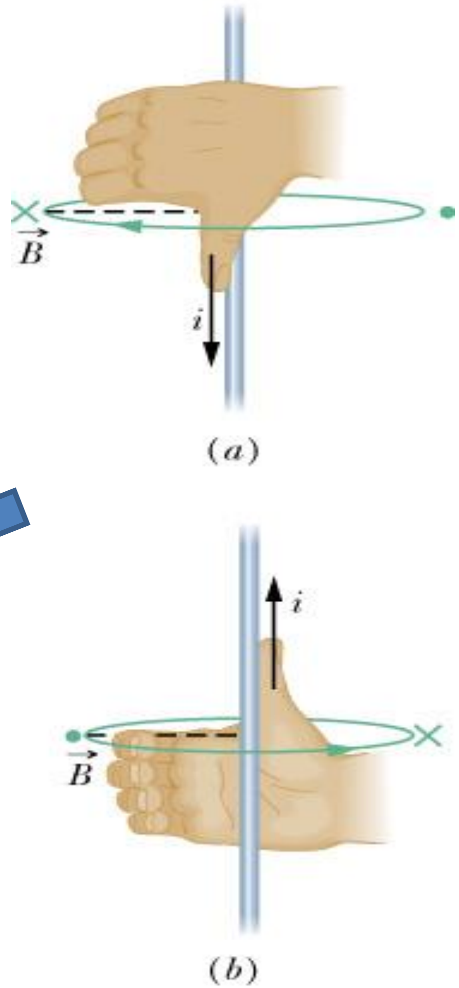
$$\boxed{B = \frac{\mu_0 i}{2\pi R}}$$

⇨ Em qualquer ponto de uma circunferência concêntrica com o fio e no plano $\perp$ ao fio, o módulo de $\vec{B}$ é constante.

$$\boxed{B = \frac{\mu_0 i}{2\pi R}}$$

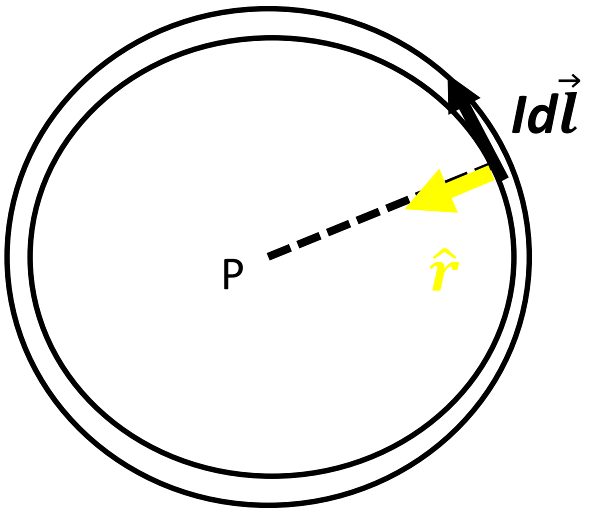
$|\vec{B}| \propto I$; $|\,|\vec{B}| \propto 1/r$

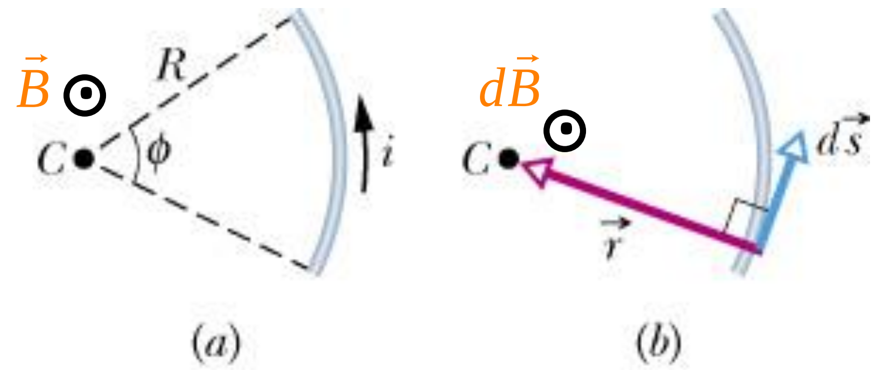




Em qualquer ponto $\vec{B}$ é tangente à curva

8.4.2- Campo magnético no centro de um anel de raio R percorrido por uma corrente I



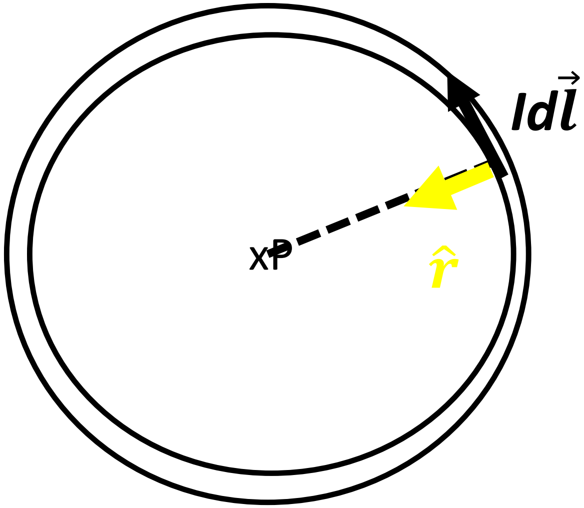


$$d\overrightarrow{B_P} = \frac{\mu_0}{4\pi}\frac{I\overrightarrow{dl}\times\hat{r}}{r^2}$$

$$\left|\overrightarrow{dl}\times\hat{r}\right| = \left|\overrightarrow{dl}\right|\,|\hat{r}|\,sin\,\theta = dl\,sin\,\mathbf{90^o}$$

r é o raio do anel

$$d\overrightarrow{B_P} = \left|d\overrightarrow{B_P}\right|\ \text{VERSOR}$$

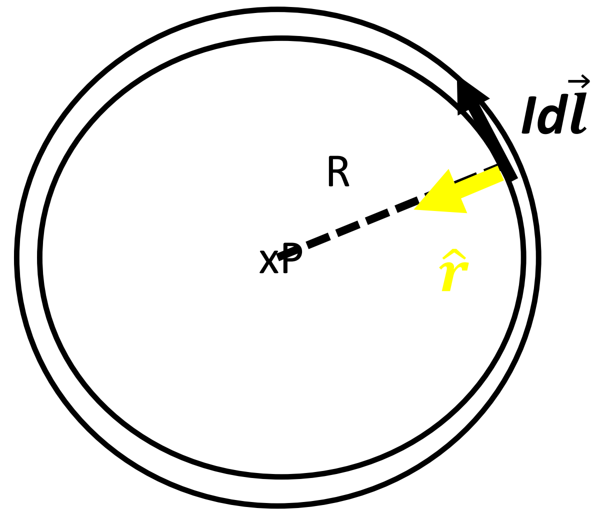


$$d\overrightarrow{B_P} = \frac{\mu_0}{4\pi}\frac{I\overrightarrow{dl}\text{x}\hat{r}}{r^2}$$

$$\left|I\overrightarrow{dl}\text{x}\hat{r}\right| = \left|\overrightarrow{dl}\right|\,|\hat{r}|\sin\theta = dl\ sin\ 90^o$$

r é o raio do anel

$$\overrightarrow{\left|d\overrightarrow{B_P}\right|} = \frac{\mu_0}{4\pi}\frac{i\left|\overrightarrow{dl}\text{x}\hat{r}\right|}{r^2} = \frac{\mu_0}{4\pi}\frac{I\left|\overrightarrow{dl}\right|\,|\hat{r}|\sin\theta}{r^2} = \frac{\mu_0}{4\pi}\frac{Idl\ sin90}{r^2}$$



$$\left|\overrightarrow{B_P}\right| = \int_{\text{ao longo do anel}} \left|\mathrm{d}\overrightarrow{B_P}\right| =$$

$$= \int_{\text{ao longo do anel}} \frac{\mu_0 I}{4\pi}\frac{dl}{R^2} = \frac{\mu_0 I}{4\pi R^2}\int_{\text{ao longo do anel}} dl = \frac{\mu_0 I}{4\pi R^2}\,(2\boldsymbol{\pi} R)$$

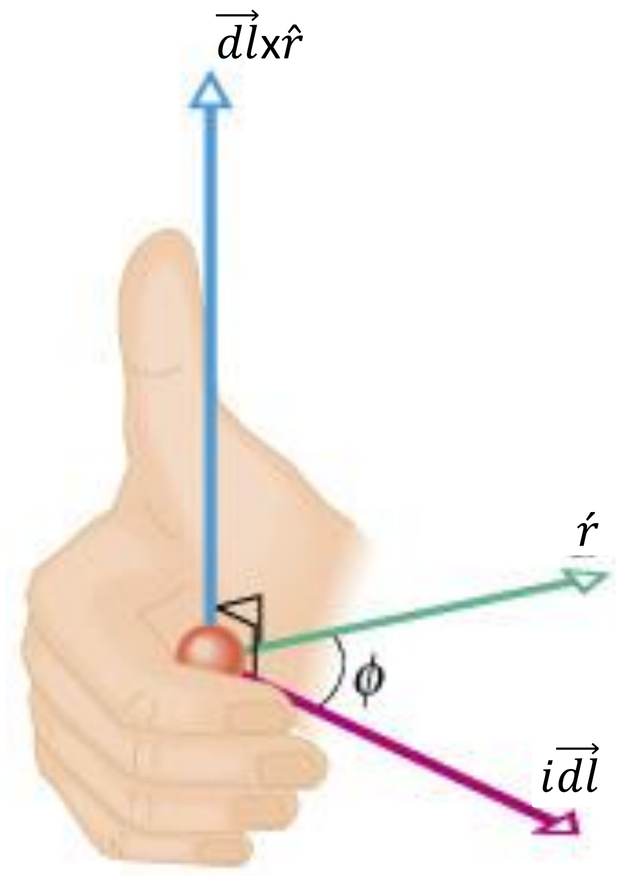
$$\boldsymbol{\left|\overrightarrow{B_P}\right| = \frac{\mu_0 I}{2R}}$$

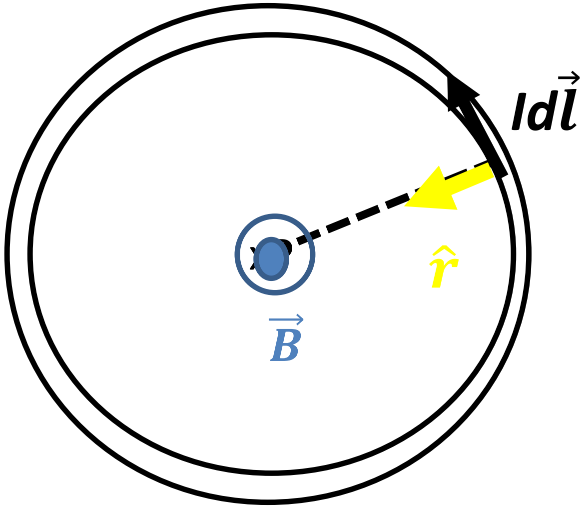
$$\overrightarrow{|B_P|} = \frac{\mu_0 I}{2\,R}$$

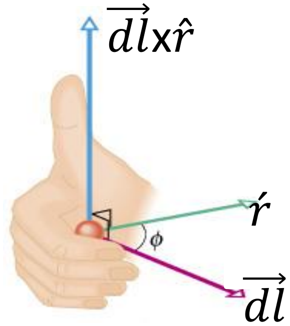
Proporcional ao valor de I e
inversamente proporcional ao raio

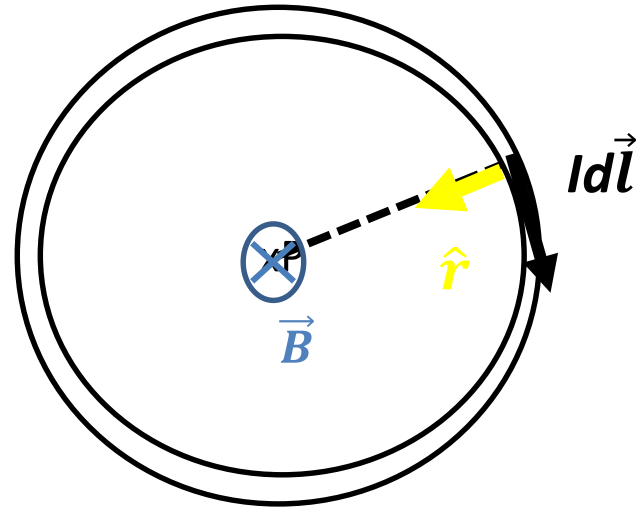
???Direção e sentido???

REGRA DA MÃO DIREITA ($i\overrightarrow{dl}\text{x}\hat{r}$):







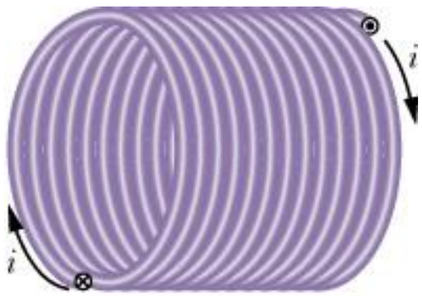


B no centro aponta para fora da folha com módulo:

B no centro aponta para dentro da folha com módulo:

$$\left|\overrightarrow{B_P}\right| = \frac{\mu_0 I}{2\,R}$$

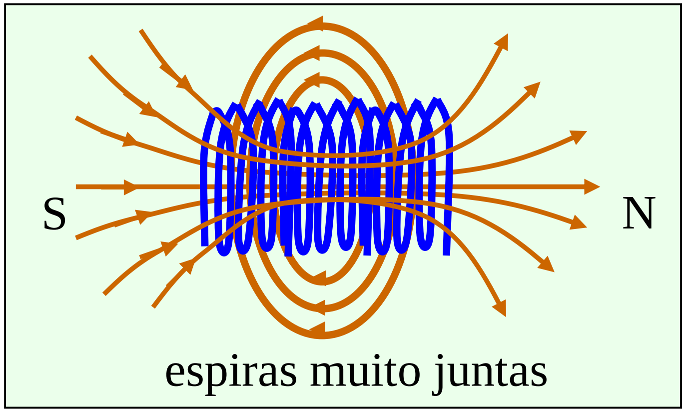
8.4.3 Campo magnético no interior de um solenoide percorrido por uma corrente I



Um **solenóide** é constituído por um fio condutor comprido, enrolado em forma duma hélice (com raio <<< comprimento).

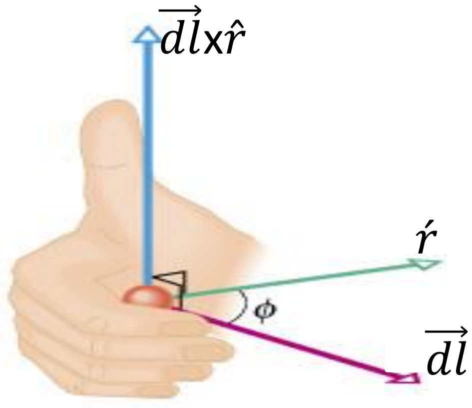
$\Rightarrow$ é possível ter um $\vec{B}$ razoavelmente uniforme, num pequeno volume no interior do solenóide, caso as espiras estejam suficientemente juntas.

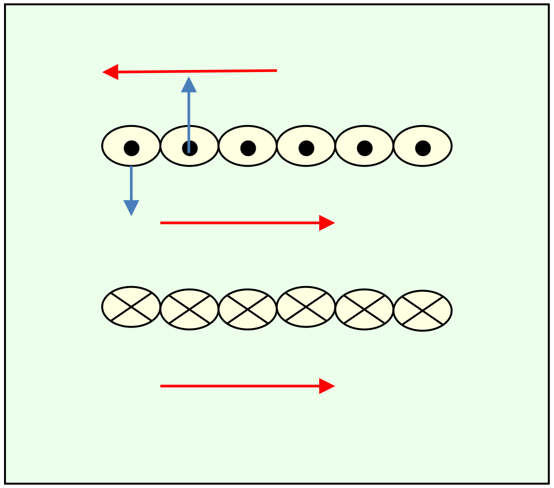
Solenóide ideal: espiras muito juntas e comprimento grande em comparação com o raio das espiras $\Rightarrow \vec{B}$ no exterior é fraco comparado com o $\vec{B}$ no interior**; no interior é uniforme numa região grande de volume**.



Análise prévia:

$$d\overrightarrow{B_P} = \frac{\mu_0}{4\pi}\frac{i\overrightarrow{dl}\mathrm{x}\hat{r}}{r^2}$$





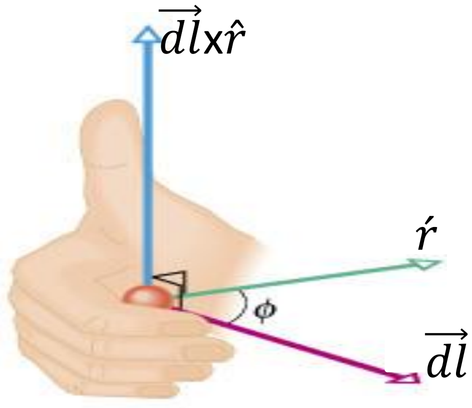
versor

Sentido do campo devido à corrente que está a sair da folha:

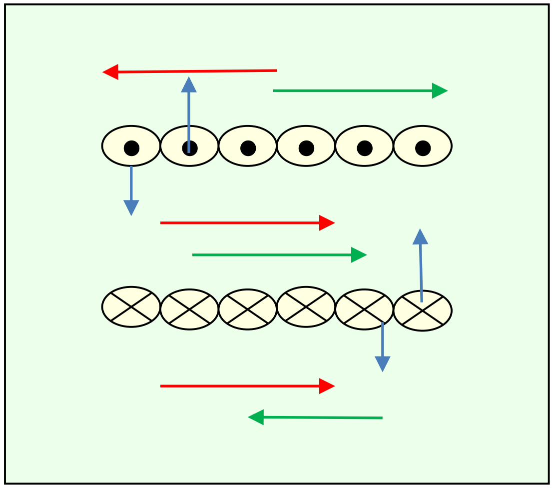
vermelho $i\overrightarrow{dl}\mathrm{x}\hat{r}$

Análise prévia:

$$d\overrightarrow{B_P} = \frac{\mu_0}{4\pi}\frac{i\overrightarrow{dl}\text{x}\hat{r}}{r^2}$$



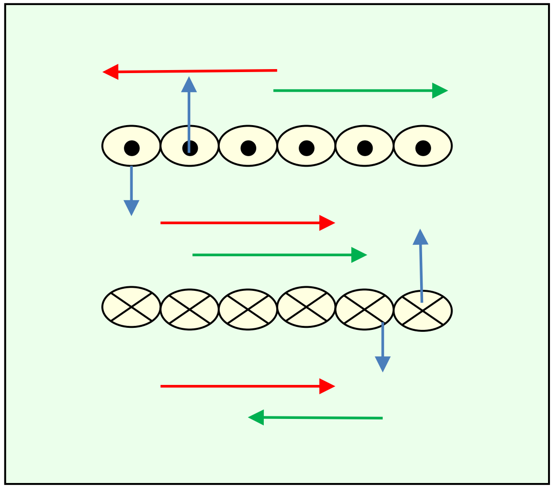
versor



Sentido do campo devido à corrente que está a sair da folha: vermelho $i\overrightarrow{dl}\text{x}\hat{r}$

Sentido do campo devido à corrente que está a entrar na folha: verde $i\overrightarrow{dl}\text{x}\hat{r}$

$$d\overrightarrow{B_P} = \frac{\mu_0}{4\pi}\frac{i\overrightarrow{dl} \times \hat{r}}{r^2}$$

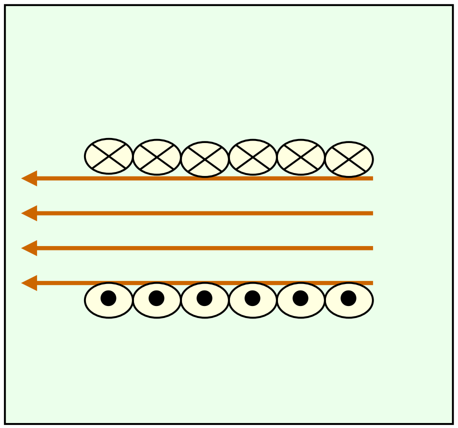


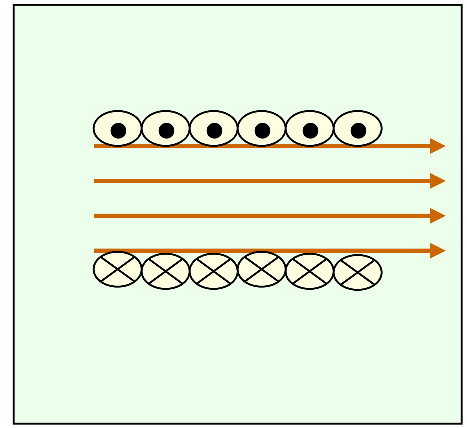
No exterior do solenoide o módulo dos campos
a verde e
vermelho são só ligeiramente diferentes (diferem do diâmetro do solenoide) considera-se
Bext = 0 (ideal)

No interior do solenoide

- O campo total é a soma do vermelho e verde.
- O campo é paralelo ao eixo
- O sentido depende do sentido de circulação da corrente

Linhas de
Campo magnético





$$d\overrightarrow{B_P} = \frac{\mu_0}{4\pi}\frac{i\overrightarrow{dl} \times \hat{r}}{r^2}$$

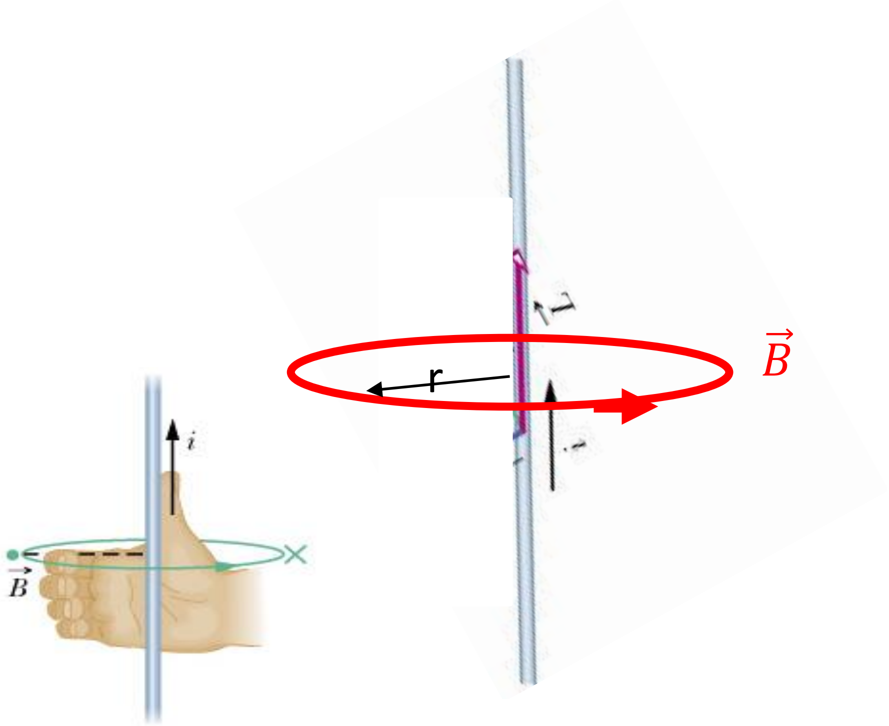
$\vec{B}$ paralelo ao eixo e módulo

$$\overrightarrow{|\boldsymbol{B_{int}}|} = \boldsymbol{\mu_0\, n\, I}$$

Nº de espiras por unidade de comprimento: n=N/L

8.5 - Lei de Ampère

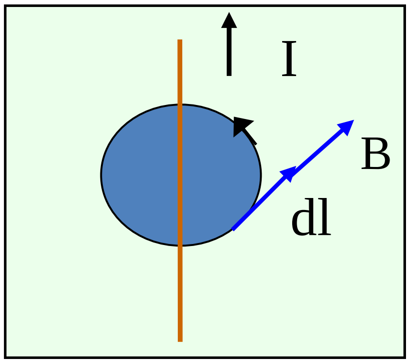
Consideremos um fio percorrido por uma corrente I: Sabemos que:



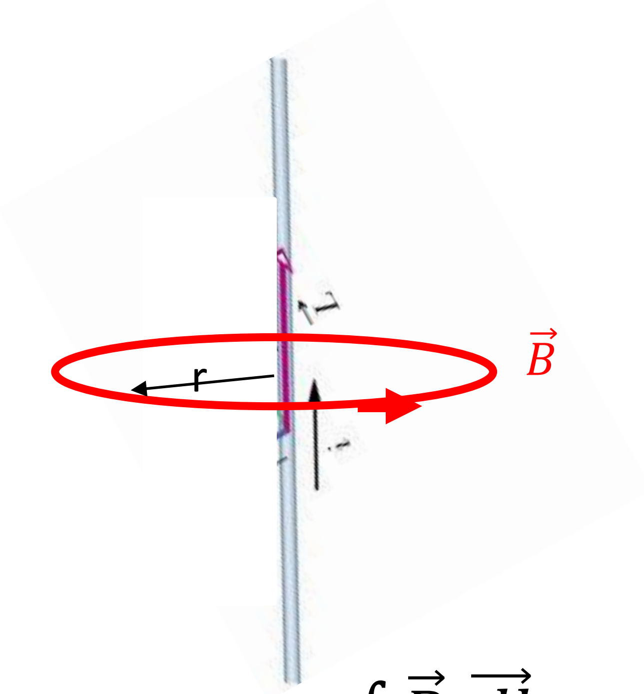
i) as linhas de campo são circunferência em torno ao fio.

ii) em qualquer ponto de uma circunferência concêntrica com o fio (e no plano $\perp$ ao fio), o módulo de B é constante:

$$\left|\vec{B}\right| = \frac{I\mu_0}{2\pi r}$$

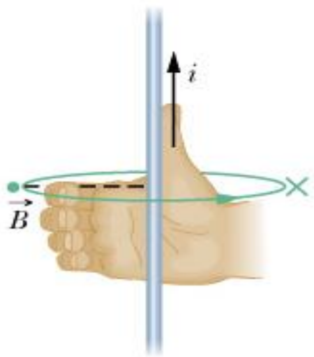


Calculemos então a circulação de B ao longo da circunferência:



A circulação de B ao longo da circunferência é:

$$\oint \vec{B}.\overrightarrow{dl} = \oint |\vec{B}||\overrightarrow{dl}| \, cos\emptyset \;\; = \oint \frac{I\mu_0}{2\pi r} \, dl \;\; \cos 0 = \frac{I\mu_0}{2\pi r} \oint dl$$



$$\oint \vec{B}.\overrightarrow{dl} = \frac{I\mu_0}{2\pi r} \, 2\pi r = I\mu_0$$

Lei de Ampère

Lei de Ampère

$$\oint \vec{B}.\overrightarrow{dl} = \mu_0\, I_{enc}$$

Este resultado pode ser aplicado ao caso geral de uma curva fechada arbitrária percorrida por uma *I* = cte.

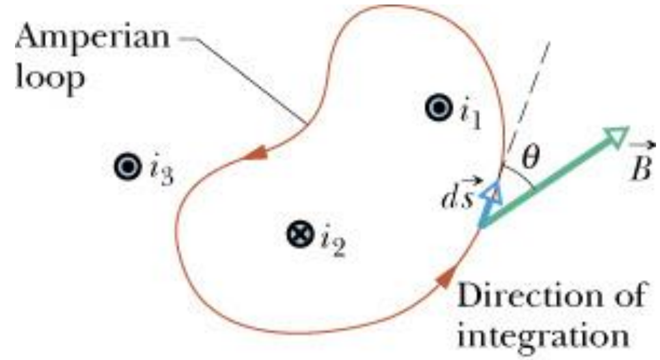
- A Lei de Ampère afirma que o integral de linha do $\vec{B}$ sobre qualquer curva fechada, é igual a μ_0I, onde I é a corrente constante total que passa por qualquer superfície limitada pela curva fechada- denominada corrente encerrada pela curva fechada. A curva fechada denomina-se amperiana.

- A Lei de Ampère só é válida para correntes constantes.

- **A Lei de Ampère tem utilidade no cálculo do $\vec{B}$ de uma configuração de correntes que tenha um elevado grau de simetria.**
- A Lei de Ampère é equivalente a Lei de Gauss (campo elétrico).

Implementação da **Lei de Ampère**

1. Escolha da amperiana (de forma a conhecer o angulo entre o B e o elemento de percurso) e o sentido em que vai ser percorrida



2 .Cálculo de $\oint \vec{B}.\overrightarrow{dl} = \oint |\vec{B}||\overrightarrow{dl}|\, cos\emptyset$

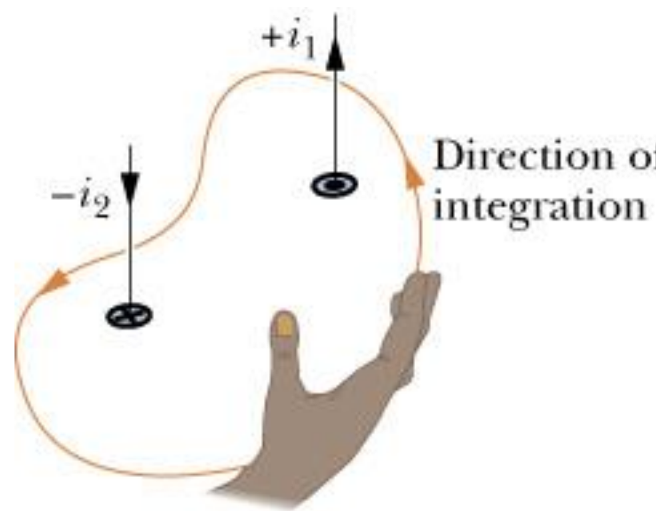
3. Cálculo da corrente encerrada

Novamente **MÃO DIREITA**

i) Colocar os dedos no sentido em que se vai percorrer a amperiana.

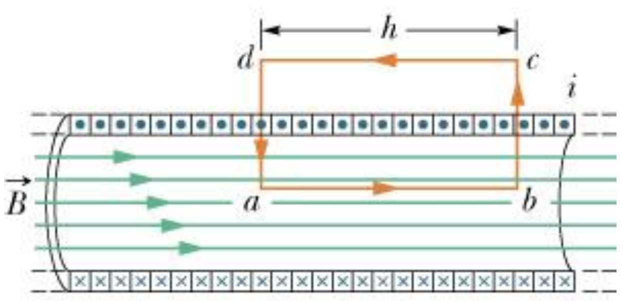
ii) Todas as correntes dentro do percurso no sentido do polegar serão positivas

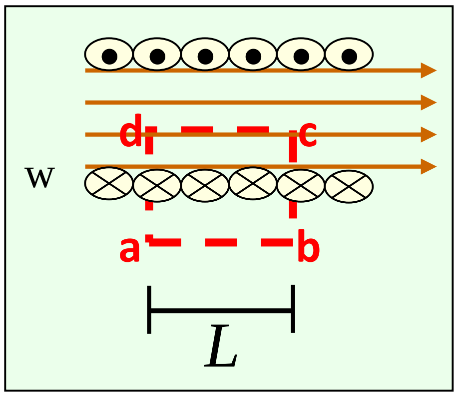
iii)) Todas as correntes dentro do percurso no sentido oposto ao polegar serão positivas



ex: Ienc = i1-i2

Calculo do B no interior de um solenoide ideal: Aplicações da Lei de Ampère





Bext=0
Bint // eixo

i) Considerações de como será B no interior do solenoide com base na lei de Biot-Savart

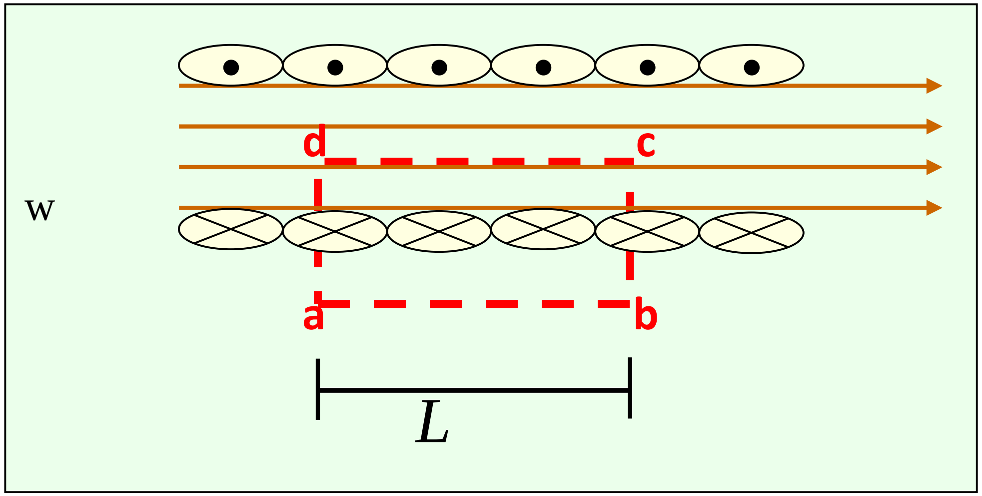
Paralelo ao eixo regrada mao direita a ($I\overrightarrow{dl}\mathrm{x}\hat{r}$)

ii) Amperiana será um retângulo de comprimento *L* e largura w (a vermelho na figura).

iii) Calculo de $\oint \vec{B}.\overrightarrow{dl}$

$$\oint \vec{B}.\overrightarrow{dl} = \int_a^b |\vec{B}||\overrightarrow{dl}| \cos(?) + \int_b^{\acute{}c} |\vec{B}||\overrightarrow{dl}| \cos(?) + \int_c^d |\vec{B}||\overrightarrow{dl}| \cos(?) + \int_d^a |\vec{B}||\overrightarrow{dl}| \cos(?)$$

(como na Lei de Gauss)



$$\oint \vec{B}.\vec{dl} = \underbrace{\int_a^b |\vec{B}||\vec{dl}|\cos(?)}_{=0;\ \vec{B}=0} + \underbrace{\int_b^{c} |\vec{B}||\vec{dl}|\cos(?)}_{=0} + \int_c^d |\vec{B}||\vec{dl}|\cos(?) + \underbrace{\int_d^a |\vec{B}||\vec{dl}|\cos(?)}_{=0}$$

$\vec{B}$ fora do solenoide e

$\vec{B} \perp \vec{dl}$ dentro do solenoide

$\vec{B}$ fora do solenoide e

$\vec{B} \perp \vec{dl}$ dentro do solenoide

$$\oint \vec{B}.\overrightarrow{dl} = \int_c^d |\vec{B}||\overrightarrow{dl}| \cos(180)$$

$$\oint \vec{B}.\overrightarrow{dl} = \int_c^d |\vec{B}||\overrightarrow{dl}| \cos(0)$$

$$\oint \vec{B}.\overrightarrow{dl} = B \int_c^d |\overrightarrow{dl}| = B\ L$$

iv- Aplicar a Lei de Ampère: Cálculo da corrente encerrada

$$\oint \vec{B}.\overrightarrow{dl} = BL = I_{\text{encer}}\,\mu_0 = N\ I\ \mu_0$$

????

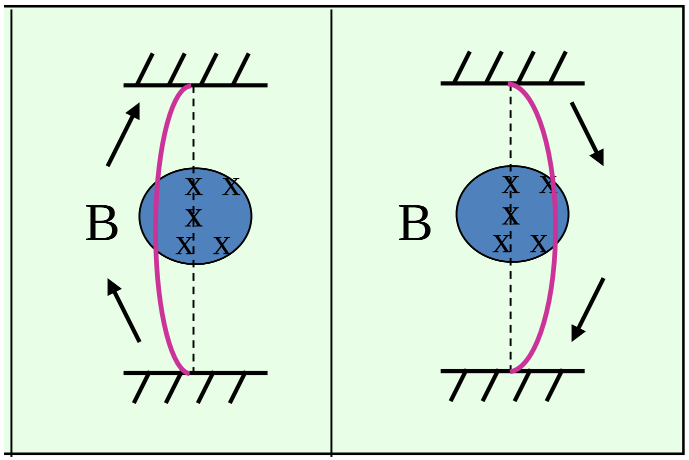
$$B = \frac{N}{L} I \mu_0 = \mu_0 n\ I$$

Nº de espiras no comprimento L

a corrente em cada espira

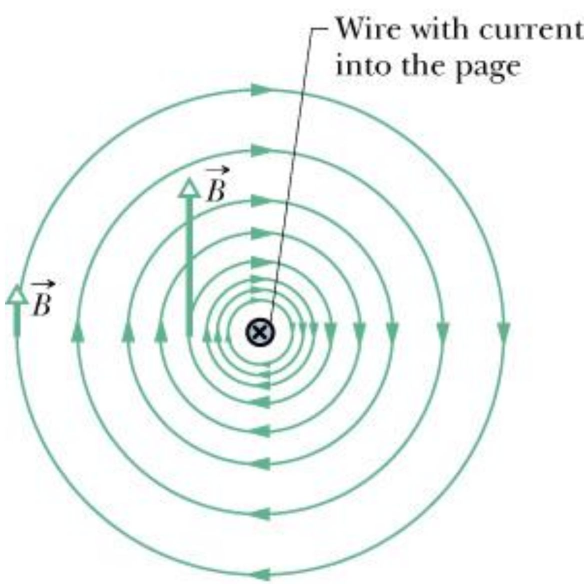
Nº de espiras por unidade de comprimento

8.6- Força magnética entre condutores paralelos



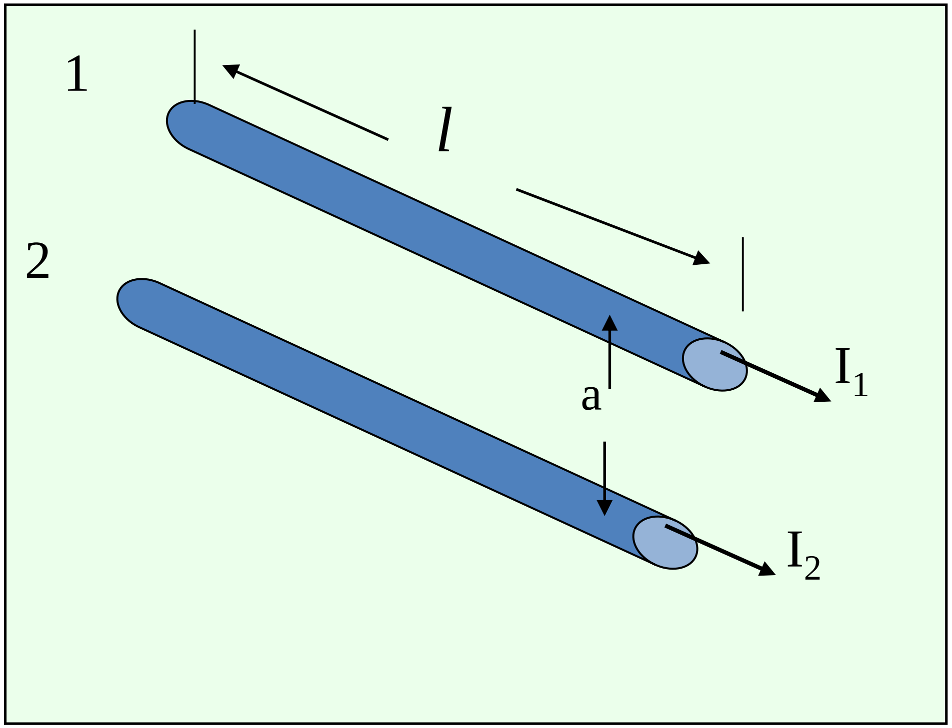
I) Sabe-se que uma corrente numa região
onde existe um campo magnético
sente uma força:

$$\boxed{\vec{F}_B = i\vec{L} \times \vec{B}}$$



II) Sabe-se que uma corrente cria na sua
vizinhança um campo magnético:

$$\overrightarrow{|B_P|} = \frac{\mu_0 I}{2\,R}$$

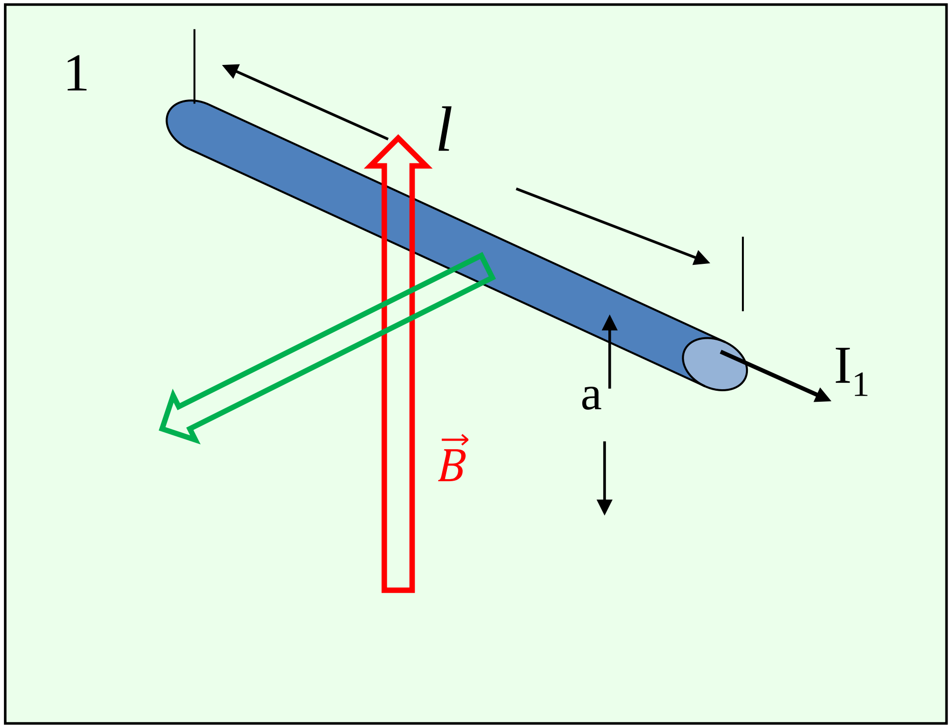


Dois fios condutores retilíneos, compridos, paralelos, separados de uma distância “a”, com I_1 e I_2 na mesma direção.

A força sobre um dos condutores é originada pelo outro.

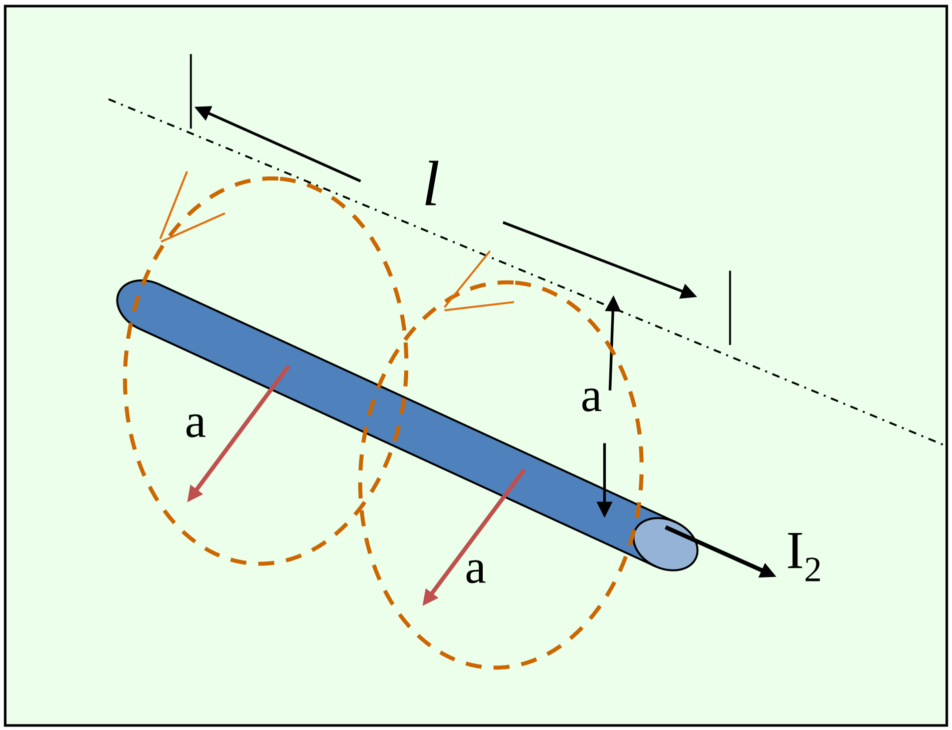
Dois condutores, cada qual com uma I, exercerão $\overrightarrow{F_B}$ magnéticas, um sobre o outro.

I) **Sabe-se que uma corrente numa região onde existe um campo magnético sente uma força:**



$$\overrightarrow{F_B} = I_1 \vec{L}\ X\ \vec{B}$$

II) **Sabe-se que uma corrente cria na sua vizinhança um campo magnético:**



$$\left|\overrightarrow{B_P}\right| = \frac{\mu_0 I}{2\,\boldsymbol{\pi} R}$$

Se ponto P estiver à distância *a* do fio:

$$\left|\overrightarrow{B_P}\right| = \frac{\mu_0 I_2}{2\,\boldsymbol{\pi} a}$$

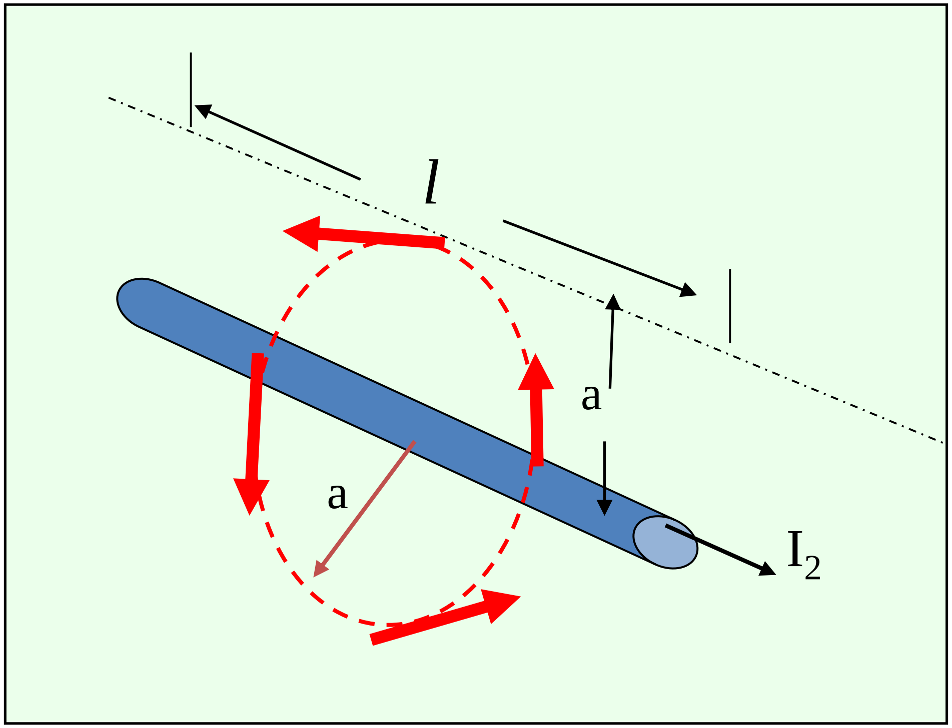
Direção e sentido: Em qq ponto é tangente à circunferência de raio *a* concêntrica com o fio

II) Sabe-se que uma corrente cria na sua vizinhança um campo magnético:

$$|\overrightarrow{B_P}| = \frac{\mu_0 I}{2\,\boldsymbol{\pi} R}$$

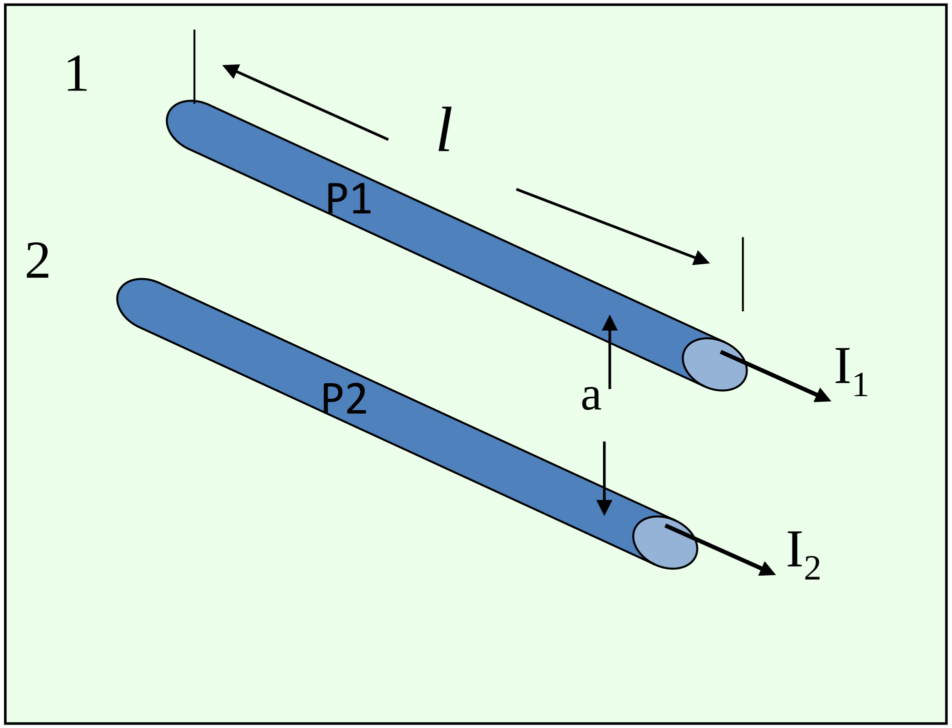
Ponto P à distância a do fio

$$|\overrightarrow{B_P}| = \frac{\mu_0 I_2}{2\,\boldsymbol{\pi} a}$$



Direção e sentido: Em qq ponto é tangente à circunferência de raio *a* concêntrica com o fio

$\overrightarrow{\boldsymbol{B_P}}$



$$\overrightarrow{|B_{fio2}|_{fio1}}$$

Onde

Quem cria

Cada fio vai criar um campo magnético na sua vizinhança. Na região onde está o outro fio, o módulo do campo criado é.

$$\overrightarrow{|B_{fio2}|_{fio1}} = \frac{\mu_0 I_1}{2\,\boldsymbol{\pi} a}$$

$$\overrightarrow{|B_{fio1}|_{fio2}} = \frac{\mu_0 I_2}{2\,\boldsymbol{\pi} a}$$

Cada fio vai sentir o campo criado pelo outro fio e consequentemente vai sentir uma força.

$$\overrightarrow{F_{Bfio1}} = I_1 \vec{L}\ X\ \overrightarrow{B_{fio1\ \_\ fio2}}$$

$$\overrightarrow{F_{Bfio2}} = I_2 \vec{L}\ X\ \overrightarrow{B_{fio2\ \_\ fio1}}$$

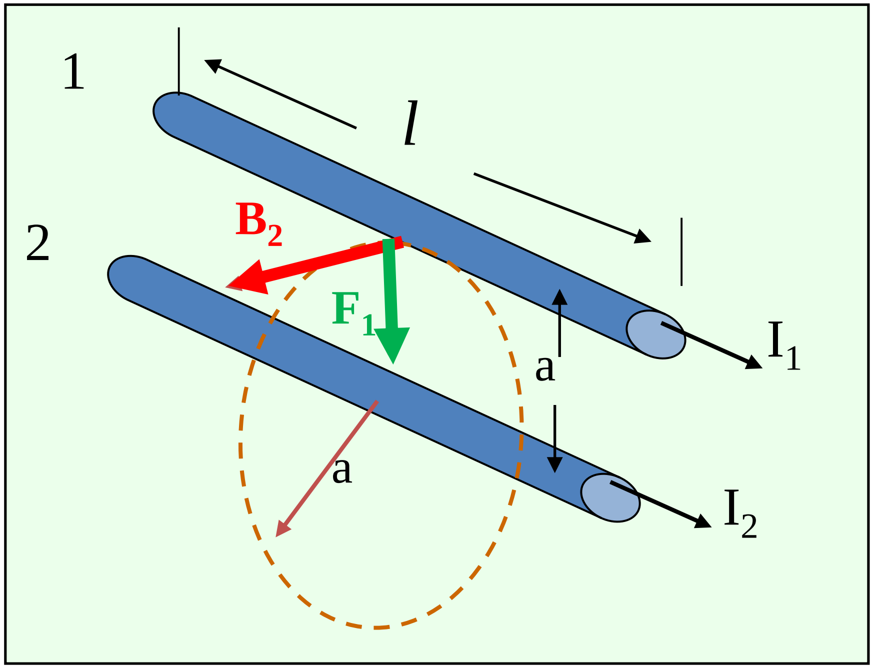
$$\overrightarrow{F_{Bfio1}} = I_1\vec{L} \; X \; \overrightarrow{B_{P1\ \_\ fio2}}$$

$$\overrightarrow{F_{Bfio1}} = \overrightarrow{\left|F_{Bfio1}\right|} \, Versor$$

RMD

É necessário conhecer o $\overrightarrow{B_{P2\ \_\ fio1}}$
e não só o módulo de $\overrightarrow{B_{P2\ \_\ fio1}}$

$$\overrightarrow{|F_B|} = I\overrightarrow{|L|}\overrightarrow{|B|} \; sen \; (\vec{L}, \overrightarrow{B})$$



$$\left|\overrightarrow{B_{fio1}}\right|_{\text{fio2}} = \left|\overrightarrow{B_2}\right| = \frac{\mu_0 I_2}{2\,\pi a}$$

Assim, o fio 1 sente a força:

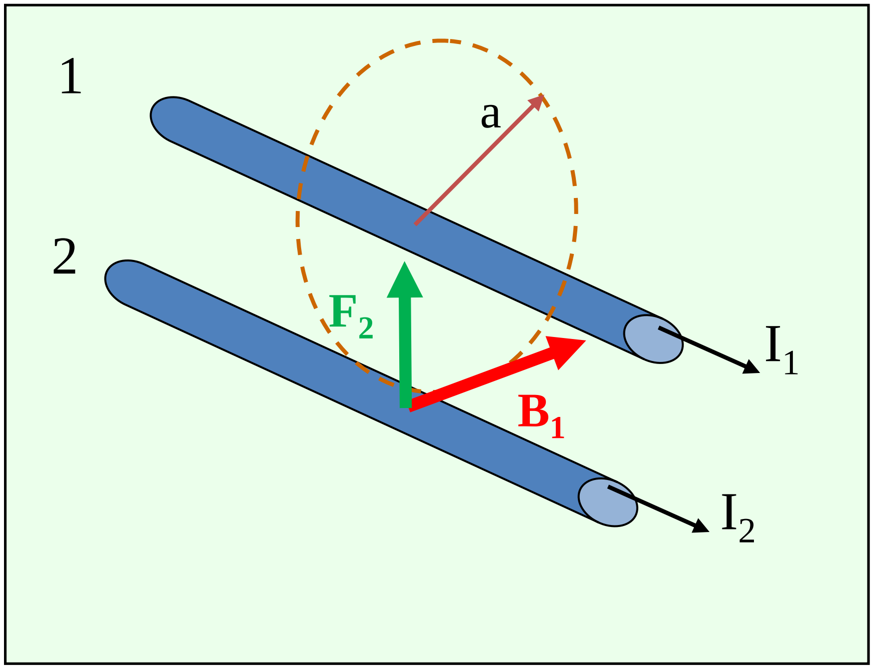
$$\overrightarrow{F_1} = I_1 \overrightarrow{L_1} x\, \overrightarrow{B_2}$$

$$\left|\overrightarrow{F_1}\right| = I_1 \left|\overrightarrow{l_1}\right| \left|\overrightarrow{B_2}\right| \; sen\; 90^o$$

+ Regra da mão direita

$$\left|\overrightarrow{F_1}\right| = \frac{l_1 I_1 \mu_0 I_2}{2\,\pi a}$$

$$\left|\overrightarrow{B_{fio2}}\right|_{\text{fio1}} = \left|\overrightarrow{B_1}\right| = \frac{\mu_0 I_1}{2\,\pi a}$$



Assim, o fio 2 sente a força:

$$\overrightarrow{F_2} = I_2 \overrightarrow{L_2} x\ \overrightarrow{B_1}$$

$$\left|\overrightarrow{F_2}\right| = I_2 \left|\overrightarrow{l_2}\right| \left|\overrightarrow{B_1}\right|\ sen\ 90^o$$

+ Regra da mão direita

$$\left|\overrightarrow{F_2}\right| = \frac{l_2 I_2 \mu_0 I_1}{2\,\pi a}$$

FIOS atraem-se

O mesmo para o fio 2 devido ao fio 1

…………………

A força sobre o fio 2 é igual e oposta à força sobre i fio 1 (terceira Lei de Newton) $\Rightarrow$ **os fios atraem-se mutuamente.**

- Se as correntes nos fios fossem em sentido oposto então

$\Rightarrow$ **os fios repelem-se mutuamente.**