

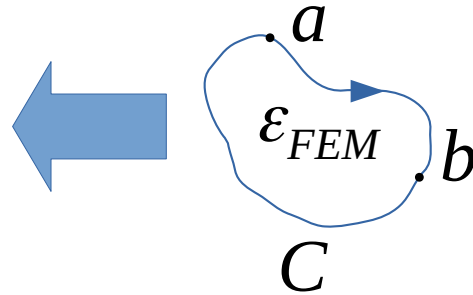
# Física III 2023 (IF) – Aula 35

## Objetivos de aprendizagem

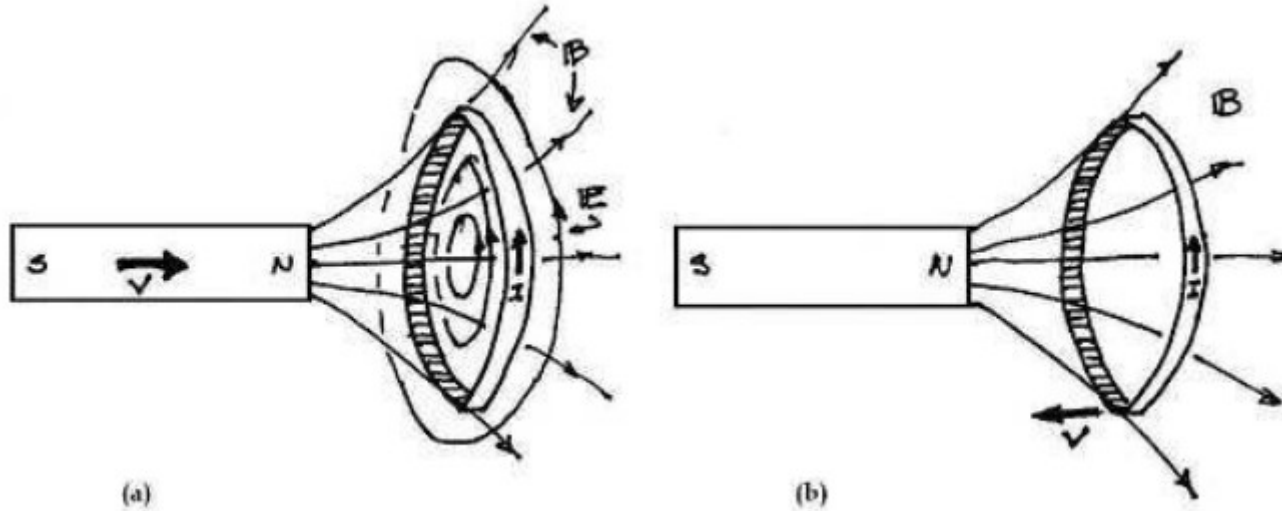
- Reconhecer as diferentes interpretações da força eletromotriz (ou tensão) em diferentes referenciais
- Calcular a corrente induzida em circuitos em situações relativamente simples a partir da lei de Faraday ou da força de Lorentz, conforme o referencial
- Interpretar a causa da corrente em diferentes situações e referenciais
- Reconhecer o aparecimento de campo elétrico devido a redistribuições de carga no interior de um condutor com corrente induzida.
- Calcular o campo elétrico no interior de condutores com correntes induzidas em situações relativamente simples.

Obs. final da aula 23:  
Caso haja movimento do circuito (condutor)

$$\varepsilon_{FEM} = \oint_C \frac{1}{q} \vec{F} \cdot d\vec{l} = \oint_C (\vec{E} + \vec{v} \times \vec{B}) \cdot d\vec{l}$$



# Ímã se aproximando de espira

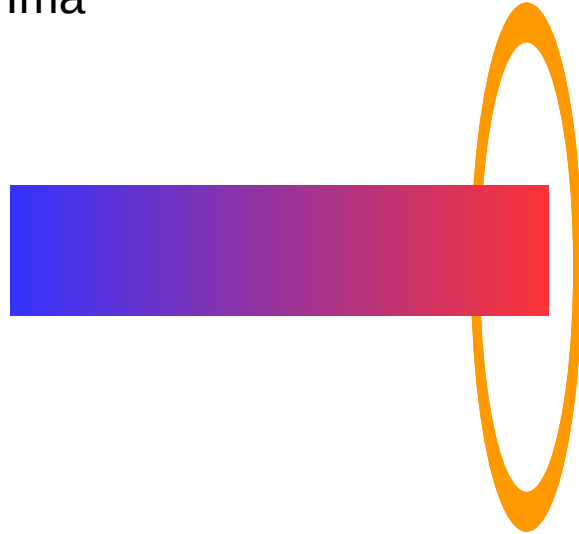


(suponhamos que  $l$  seja pequena...)

# Mudança de referencial

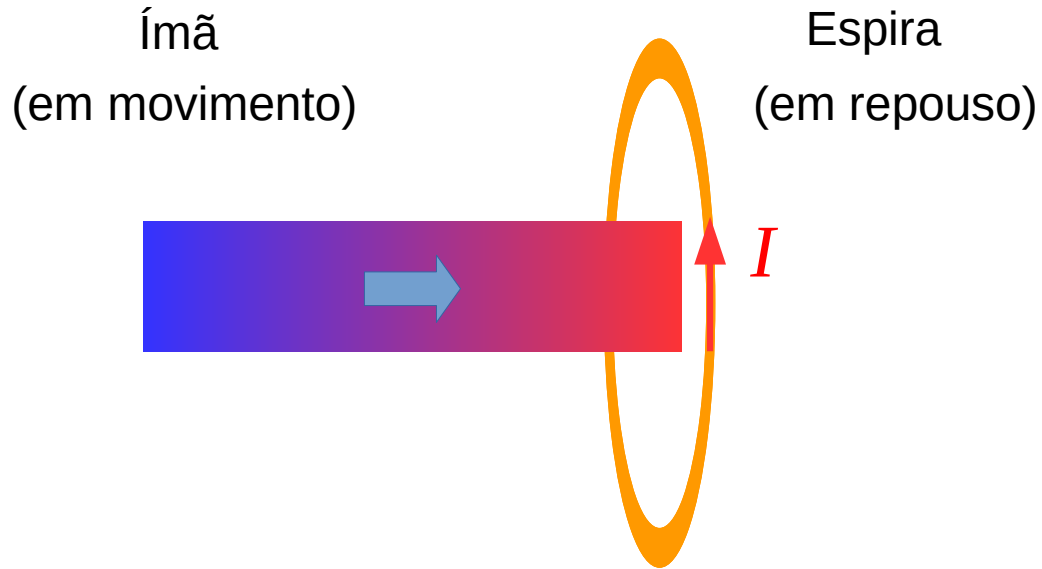
Ímã

Espira



Ímã em movimento para a direita com velocidade constante, **ou**,  
espira em movimento para a esquerda com velocidade constante

# Mudança de referencial



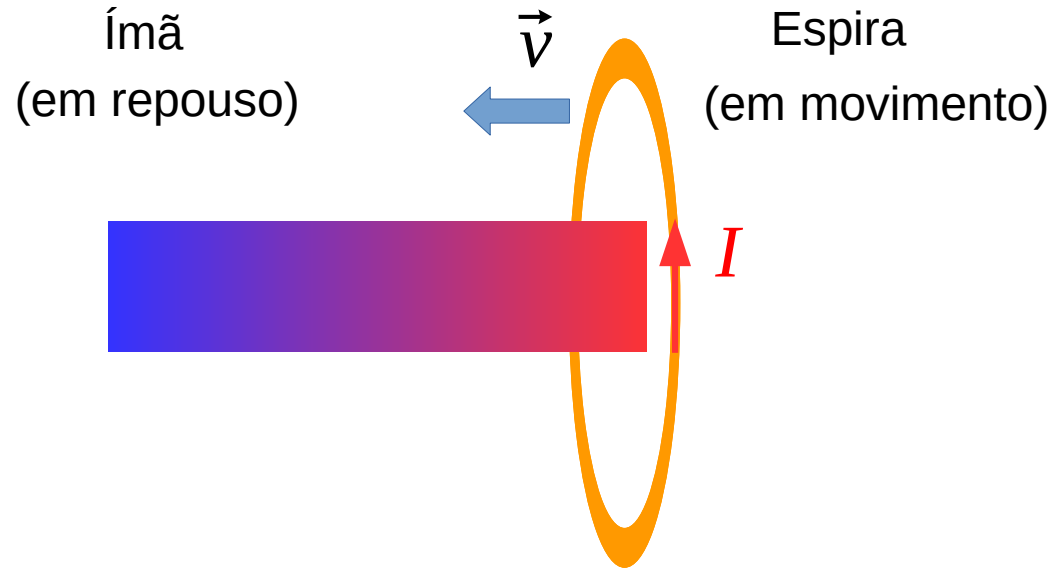
Referencial da espira:

$$\vec{v} = 0$$

(da espira)

$$\varepsilon_{FEM} = \oint_C \frac{1}{q} \vec{F} \cdot d\vec{l} = \oint_C \vec{E} \cdot d\vec{l} = - \int_{s(C)} \frac{\partial \vec{B}}{\partial t} \cdot \hat{n} dS$$

# Mudança de referencial

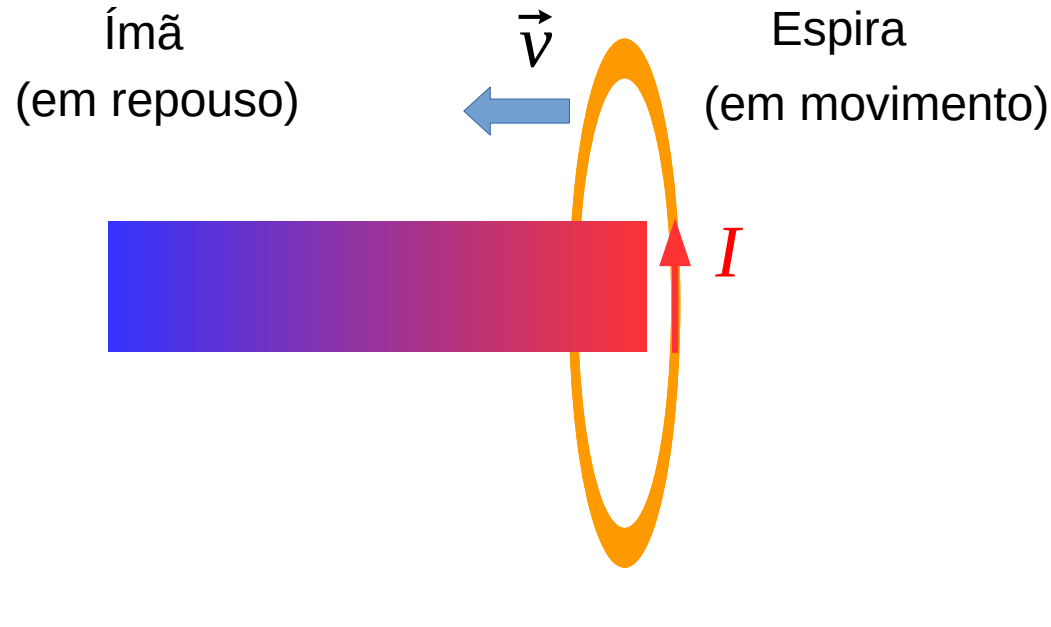


Referencial do ímã:

$$\frac{\partial \vec{B}}{\partial t} = 0$$

$$\varepsilon_{FEM} = \oint_C \frac{1}{q} \vec{F} \cdot d\vec{l} = \oint_C (\vec{v} \times \vec{B}) \cdot d\vec{l}$$

# Mudança de referencial



Referencial do ímã:

$$\frac{\partial \vec{B}}{\partial t} = 0$$

$$\varepsilon_{FEM} = \oint_C \frac{1}{q} \vec{F} \cdot d\vec{l} = \oint_C (\vec{v} \times \vec{B}) \cdot d\vec{l} = -\frac{d}{dt} \int_{S(C)} \vec{B} \cdot \hat{n} dS$$

# Interpretações nos 2 referenciais

- **No referencial da espira**

- O campo magnético nas vizinhanças da espira varia no tempo
- **Há um campo elétrico** (não conservativo) induzido na região da espira por causa disso
- A F.E.M. é devida à circuitação (integral de linha) do campo elétrico ao longo da espira

- **No referencial do ímã**

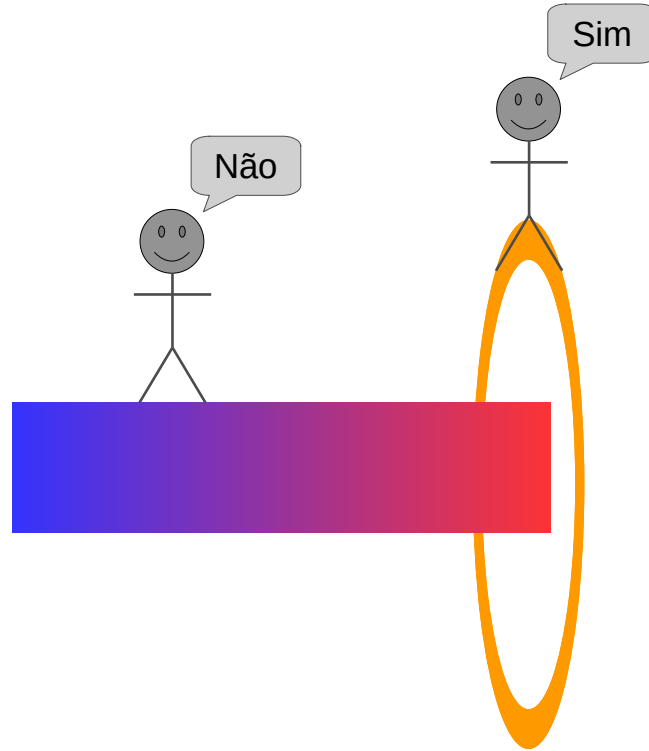
- Não há variação do campo magnético no tempo, portanto:
- Não há campo elétrico induzido = **não há campo elétrico** nas condições deste experimento.
- A espira está em movimento, portanto os portadores de carga sofrem uma força magnética
- A F.E.M. é devida à circuitação (integral de linha) do produto vetorial da velocidade da espira pelo campo magnético (devido ao ímã) ao longo da espira

Suposições implícitas nos dois casos:

- 1 - a velocidade do movimento relativo é muito menor que a da luz para evitar efeitos “desconhecidos”
- 2 - a resistividade da espira é suficientemente alta para que a corrente induzida gere um campo magnético adicional desprezível em comparação com o do ímã



# Afinal, há campo elétrico ou não?

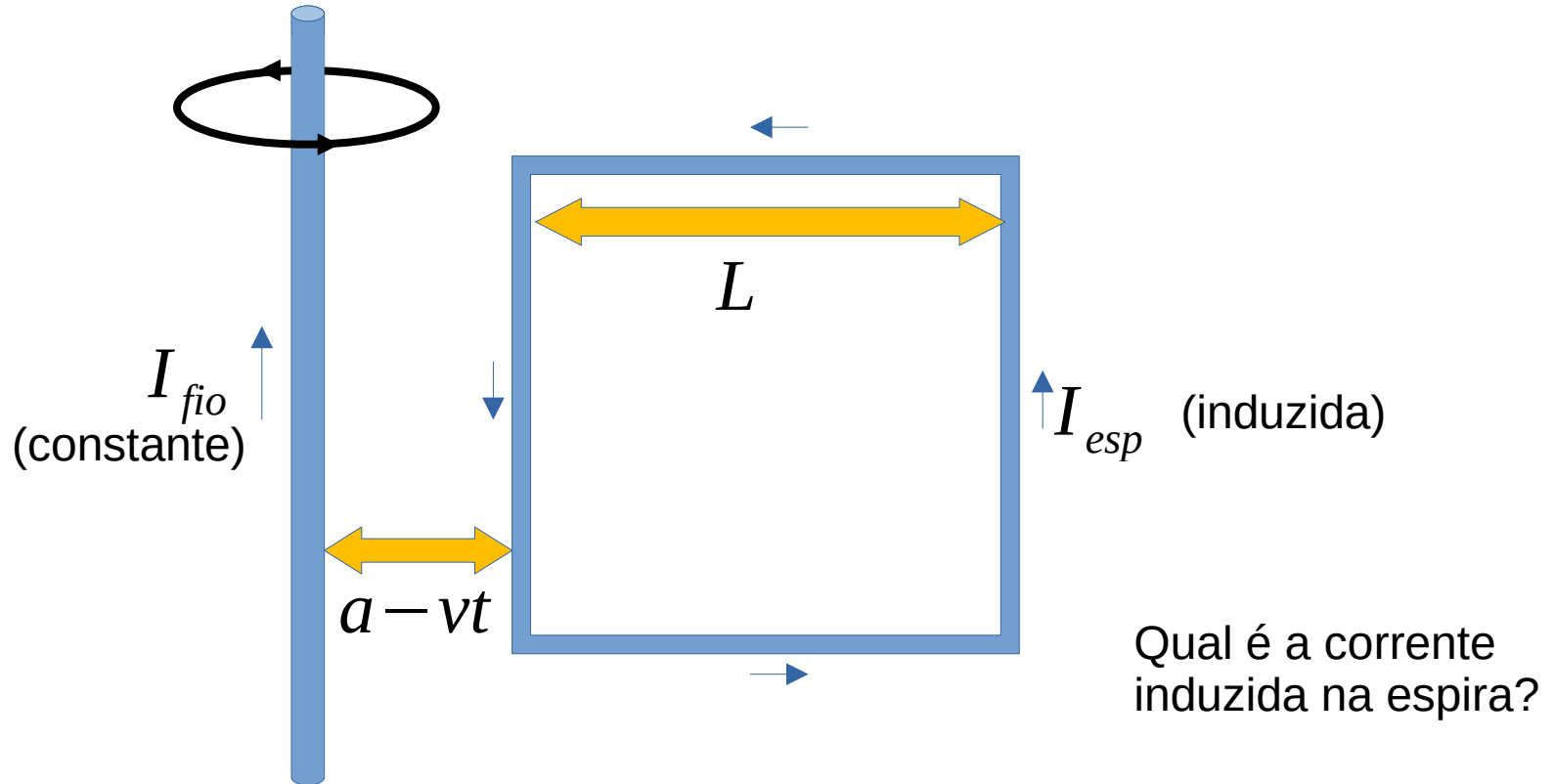


# Afinal, há campo elétrico ou não?

- Depende do referencial!
- Relatividade de Einstein: assim como espaço (posição), tempo, velocidade... campos elétricos e magnéticos são relativos.
- A relatividade especial é consistente com as Leis de Maxwell, e com esse tipo de experimentos.
- As LEIS permanecem invariantes (são as mesmas em qualquer referencial)
- → A velocidade da luz independe do referencial (não dá para mostrar isso ainda...)

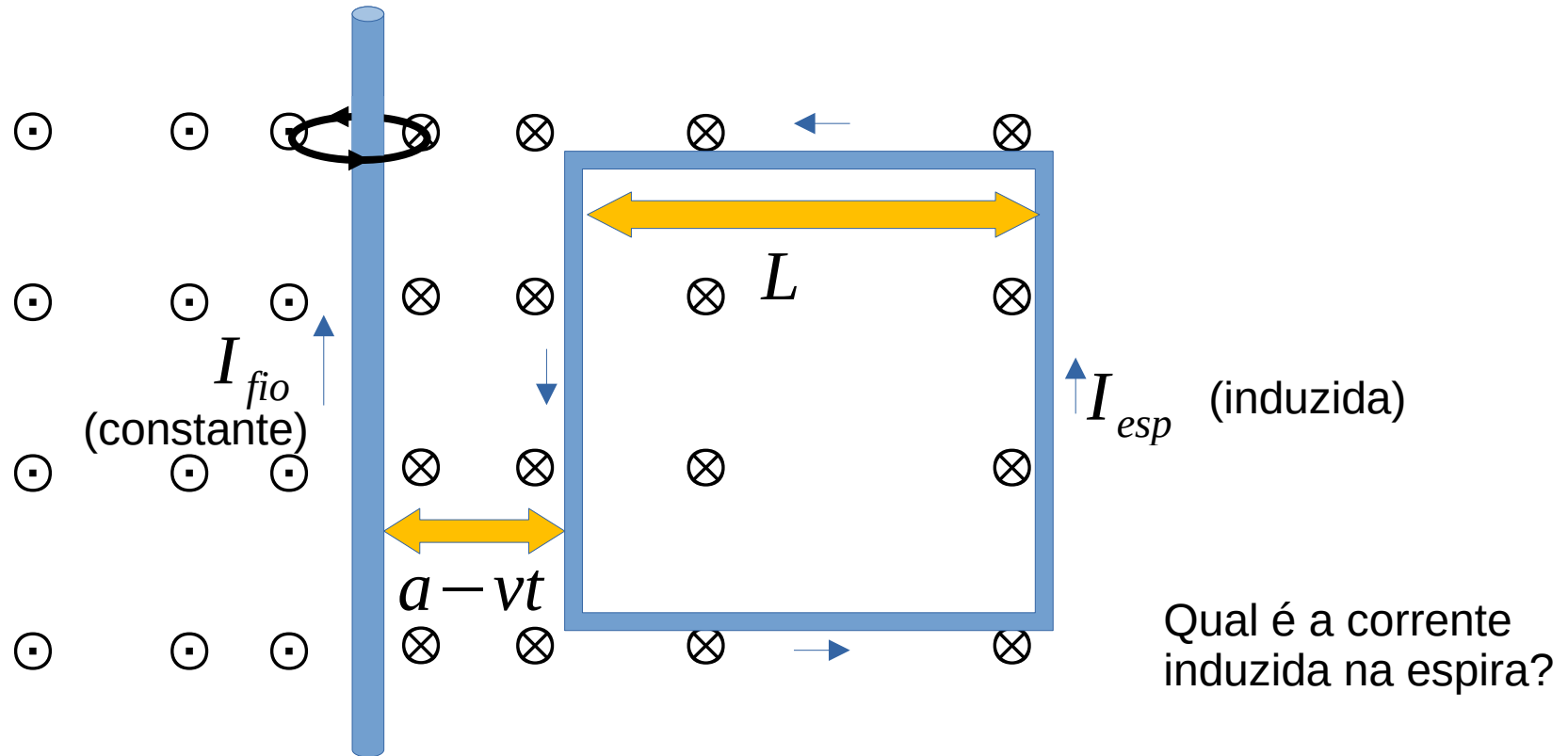
# Exemplo 1 (Cap. 35)

Fio portando corrente e espira quadrada se aproximando,  
em movimento relativo de velocidade  $v$  constante



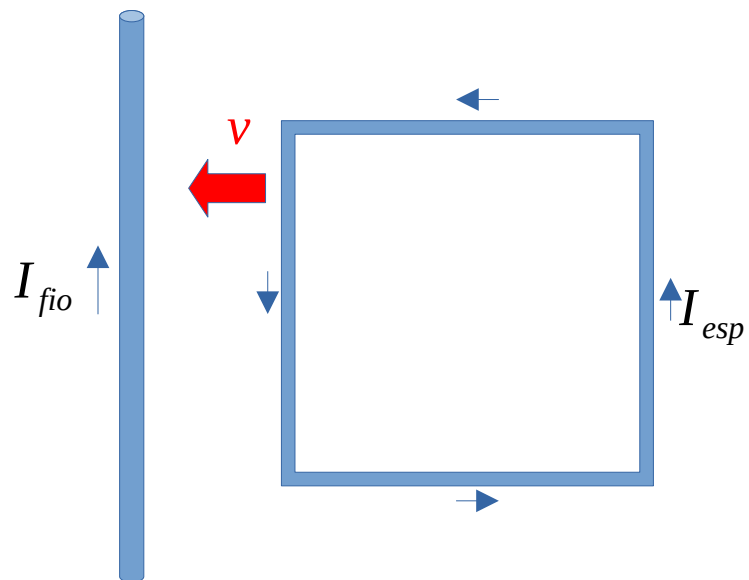
# Exemplo 1 (Cap. 35)

Fio portando corrente e espira quadrada se aproximando, em movimento relativo de velocidade  $v$  constante



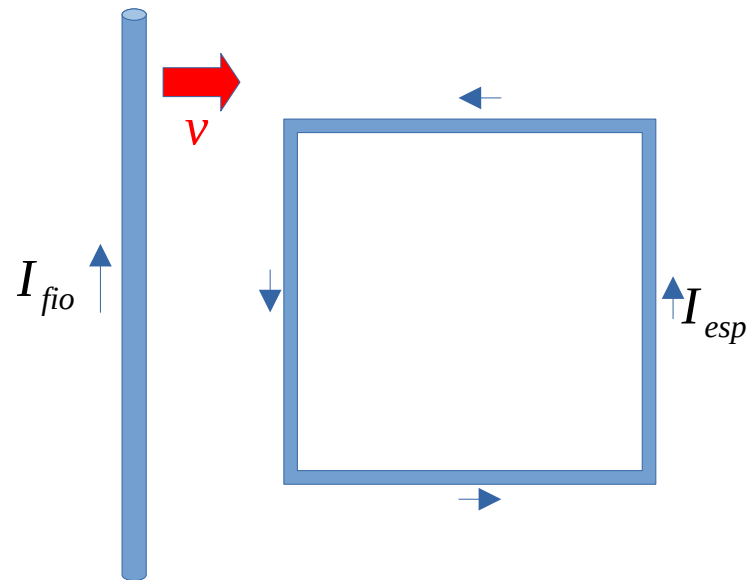
# Referenciais

Do fio



Força de Lorentz

Da espira

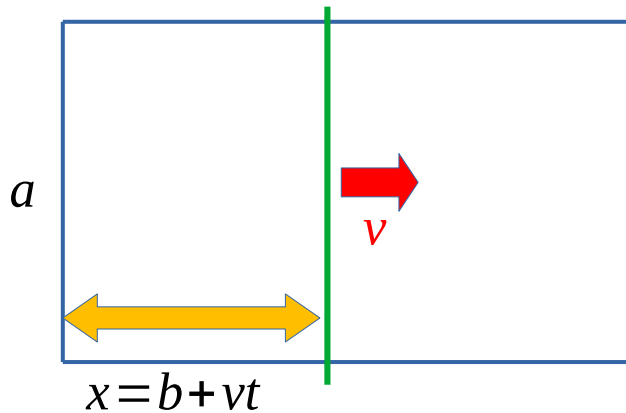


Lei de Faraday

# Exemplo 1 (Cap. 36)

Fio em forma de U (ou melhor C?) em contato elétrico com barra condutora deslizante, imersos em campo magnético

O fio e a barra tem a mesma seção transversal e resistividade:  $S, \rho$

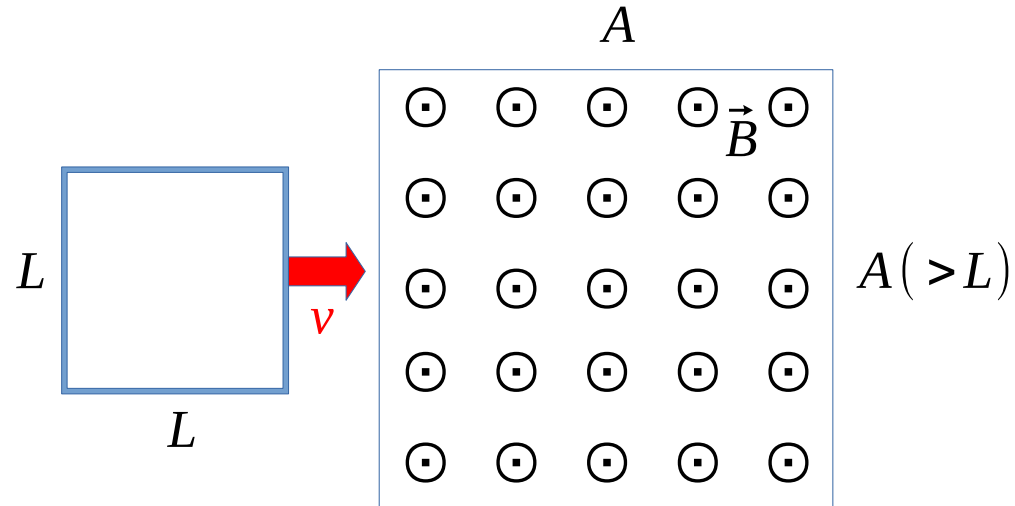


Qual é:

- A corrente no circuito?
- O campo elétrico no interior do fio?
- A força externa sobre a barra para manter sua velocidade constante?
- A potência mecânica fornecida à barra?
- A potência dissipada no circuito por efeito Joule?

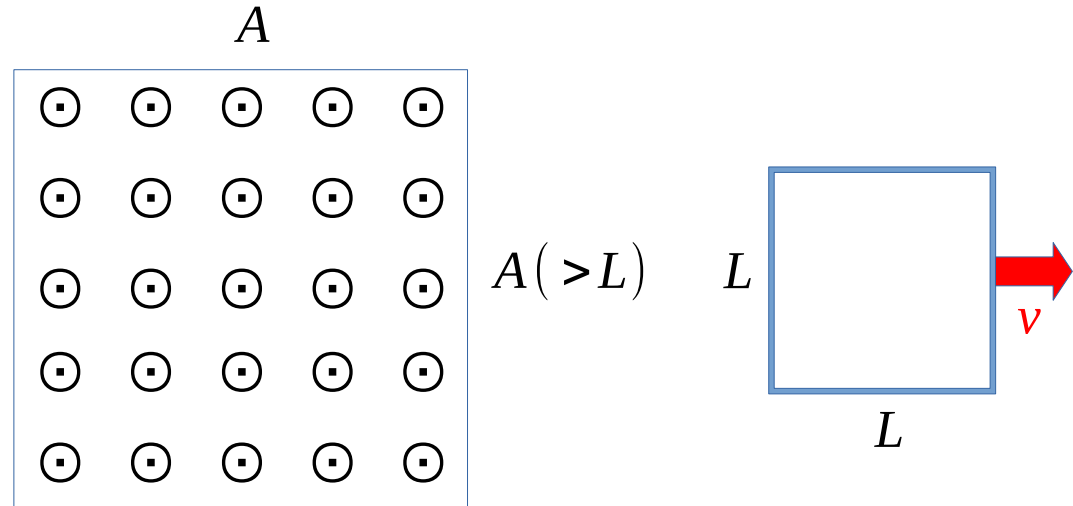
# Exemplo 2 (Cap. 36)

Espira quadrada atravessando região com campo magnético



# Exemplo 2 (Cap. 36)

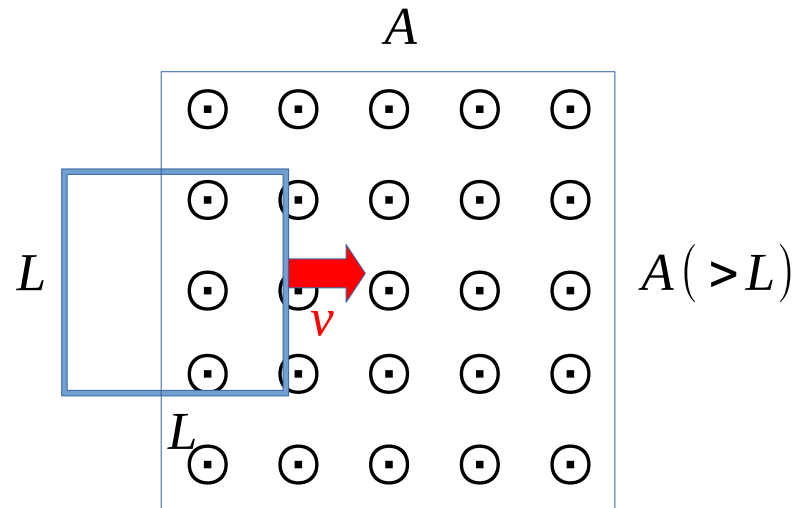
Espira quadrada atravessando região com campo magnético





# Exemplo 2 (Cap. 36)

Espira quadrada atravessando região com campo magnético



“Situação 2”

# Exemplo 3 (Cap. 36)

(enquete para aula 25)

Espira quadrada rodando imersa em campo magnético

