



## cap. 32 - Fundamentos de circuito

**Instrutor: Prof. Carlos Eduardo Souza - Cadu**

**Sala: A2-15 (IF, andar 1P)  
Email: [carlooseduardosouza@id.uff.br](mailto:carlooseduardosouza@id.uff.br)**



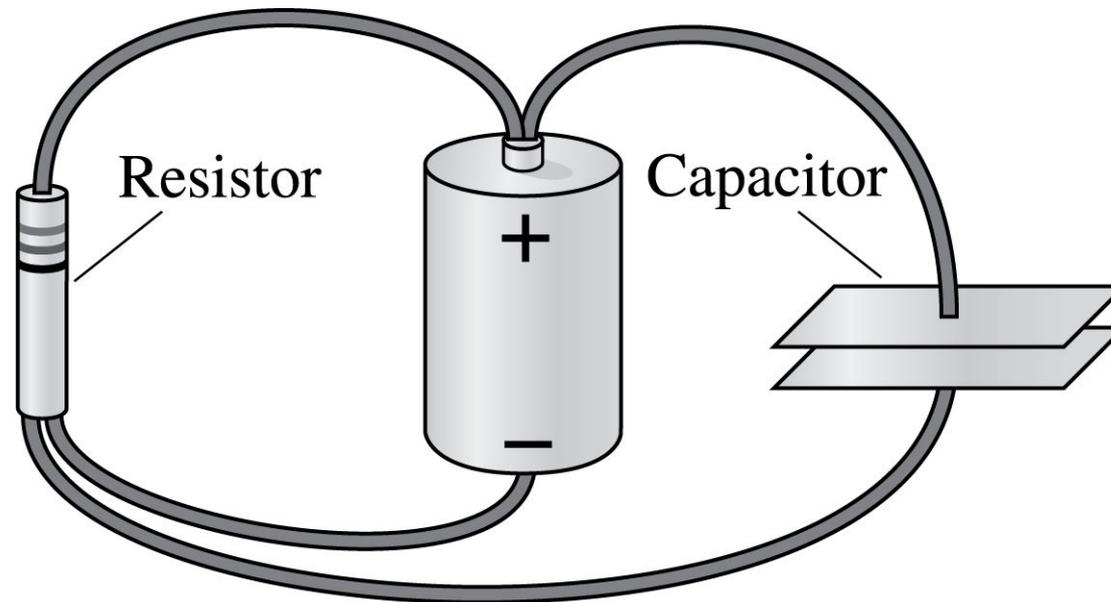
## Objetivos:

- Desenhar e usar diagramas básicos de circuitos
- Analisar diagramas que tenham *resistores em série e em paralelo*
- Calcular a potência dissipada nos circuitos
- Descrever um *circuito RC*



## ● Elementos e diagramas de circuito

Um circuito como o da figura abaixo contém muitas coisas irrelevantes\* para a sua análise.

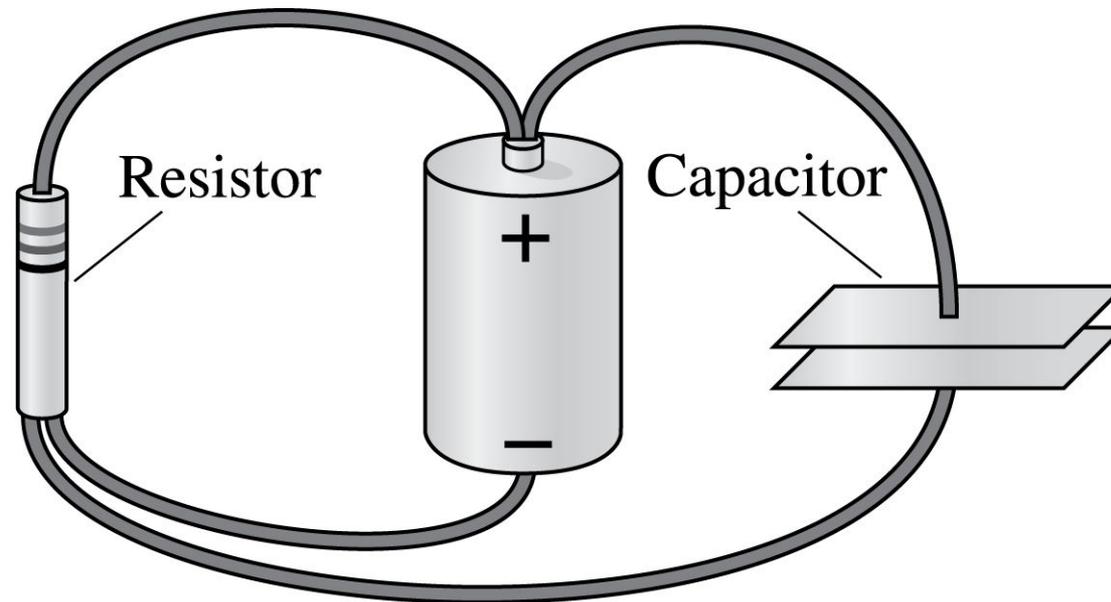


\* fios tortos, bateria à esquerda (ou à direita) do resistor...



## ● Elementos e diagramas de circuito

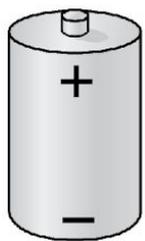
Um circuito como o da figura abaixo contém muitas coisas irrelevantes para a sua análise.



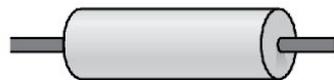
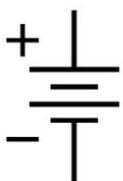
🎯 *Nosso propósito aqui é analisar a corrente elétrica e o potencial no circuito!!*

## ● Elementos e diagramas de circuito

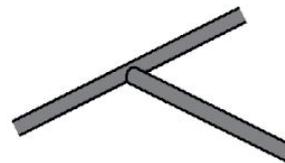
Listagem básica de símbolos usados em desenhos de circuitos.



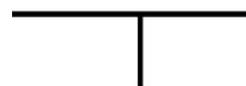
Bateria



Resistor



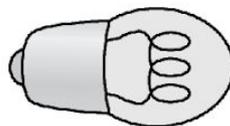
Nó



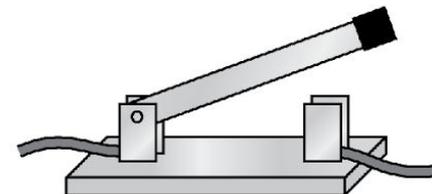
Capacitor



Fio



Lâmpada

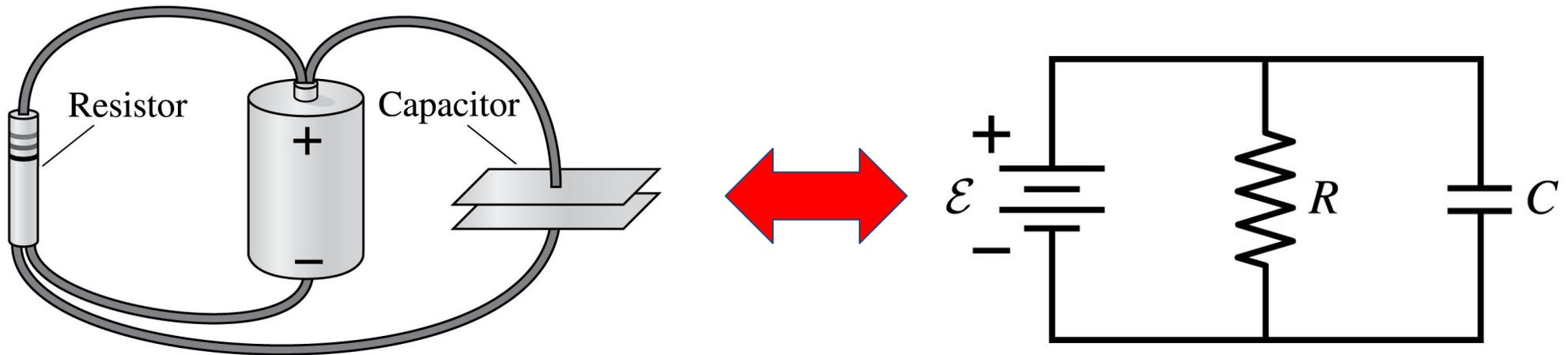


Interruptor



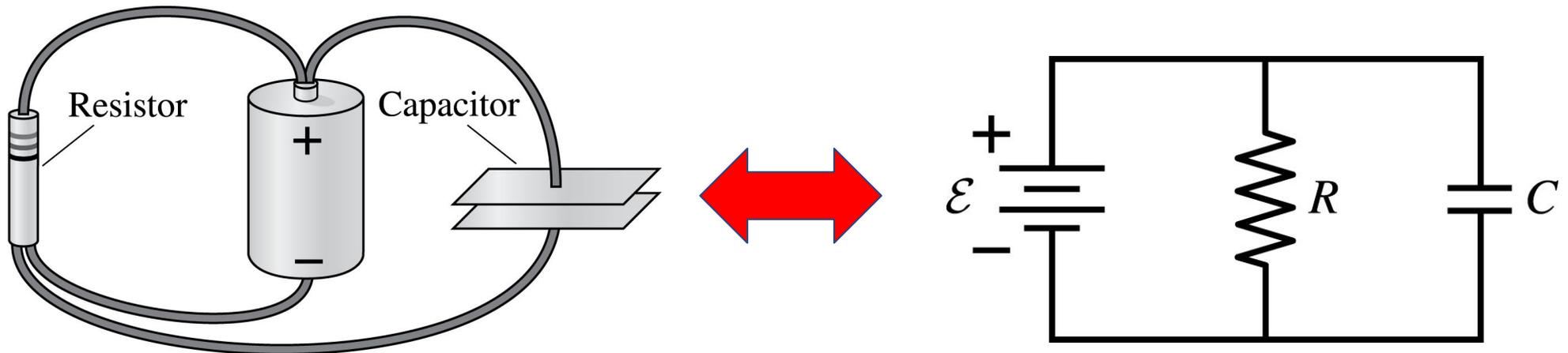
## ● Elementos e diagramas de circuito

Diagrama de circuito



## ● Elementos e diagramas de circuito

### Diagrama de circuito

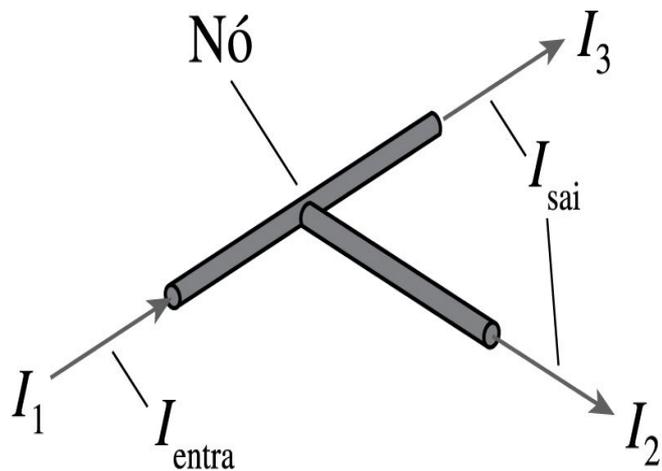


**Atenção: analisar um circuito significa:**

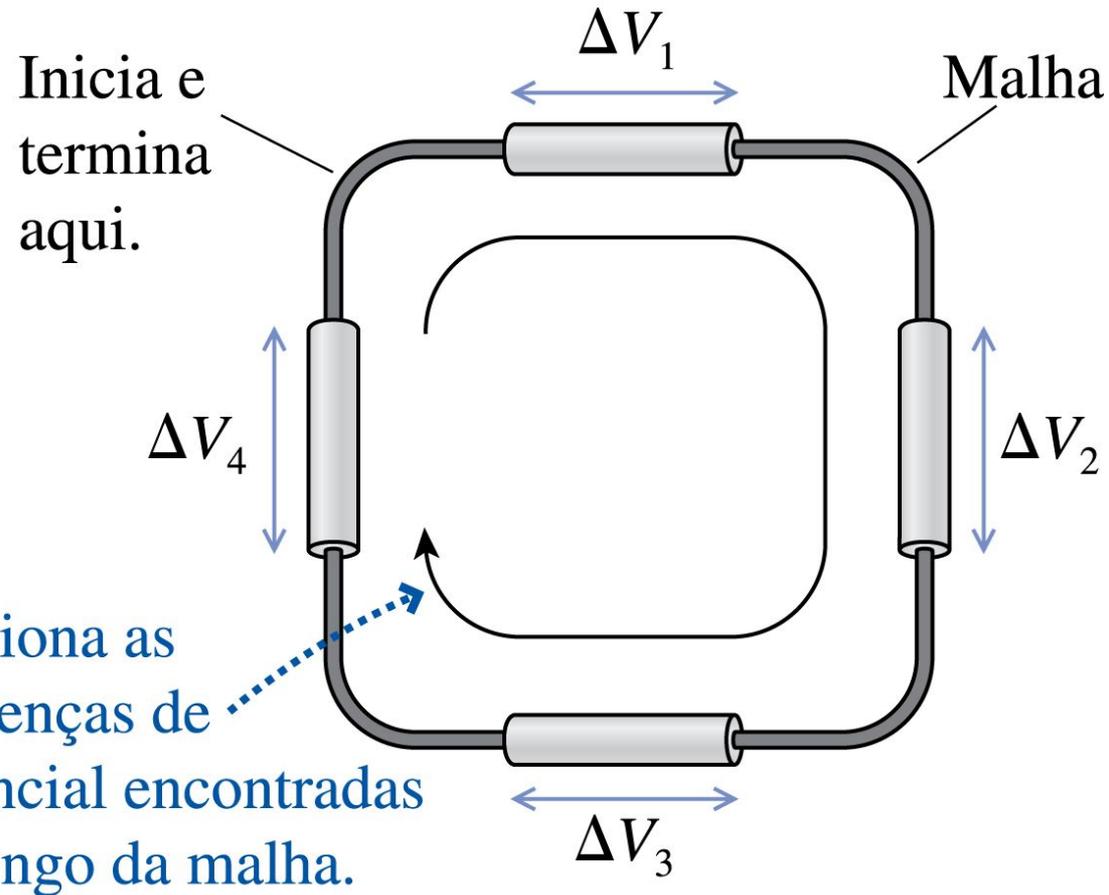
- **Determinar a ddp através de cada componente.**
- **Determinar a corrente através de cada componente.**



## Na análise do circuito utilizamos:

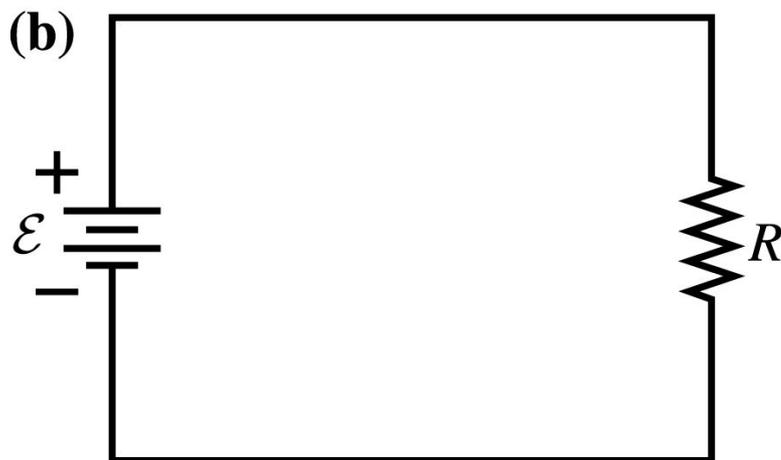


Lei dos nós:  $I_1 = I_2 + I_3$



Lei das malhas:  $\Delta V_1 + \Delta V_2 + \Delta V_3 + \Delta V_4 = 0$

## O circuito básico



### Método:

- Desenhe o diagrama de circuito correspondente.
- Atribua um sentido qualquer para a corrente.
- "Percorra" o caminho ao longo da malha, iniciando em um ponto de sua escolha.

Quando se atravessa um elemento o correspondente  $\Delta V$  muda de acordo com:

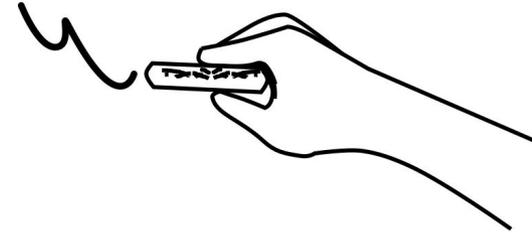
Pilha/bateria → do terminal negativo para o positivo

$$\Delta V_{\text{bat}} = +\varepsilon$$

Pilha/bateria → do terminal positivo para o negativo

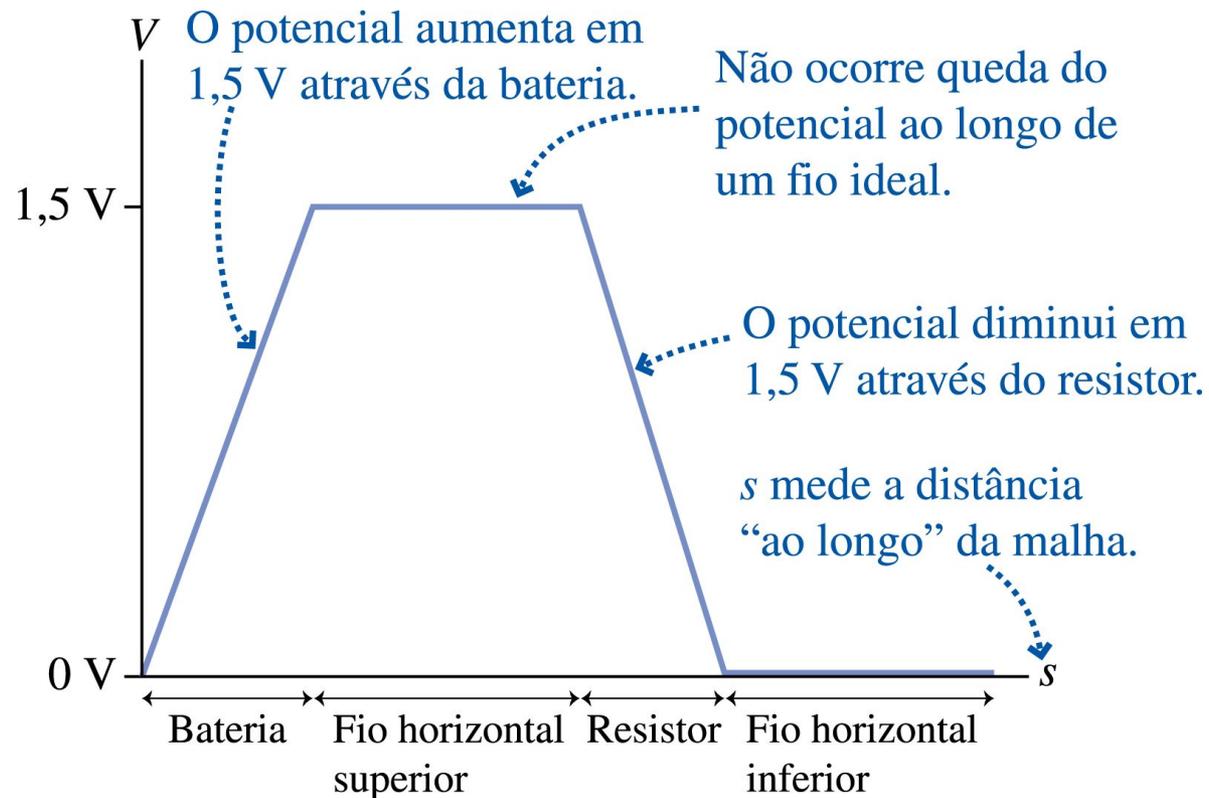
$$\Delta V_{\text{bat}} = -\varepsilon$$

Resistor:  $\Delta V_R = -IR$





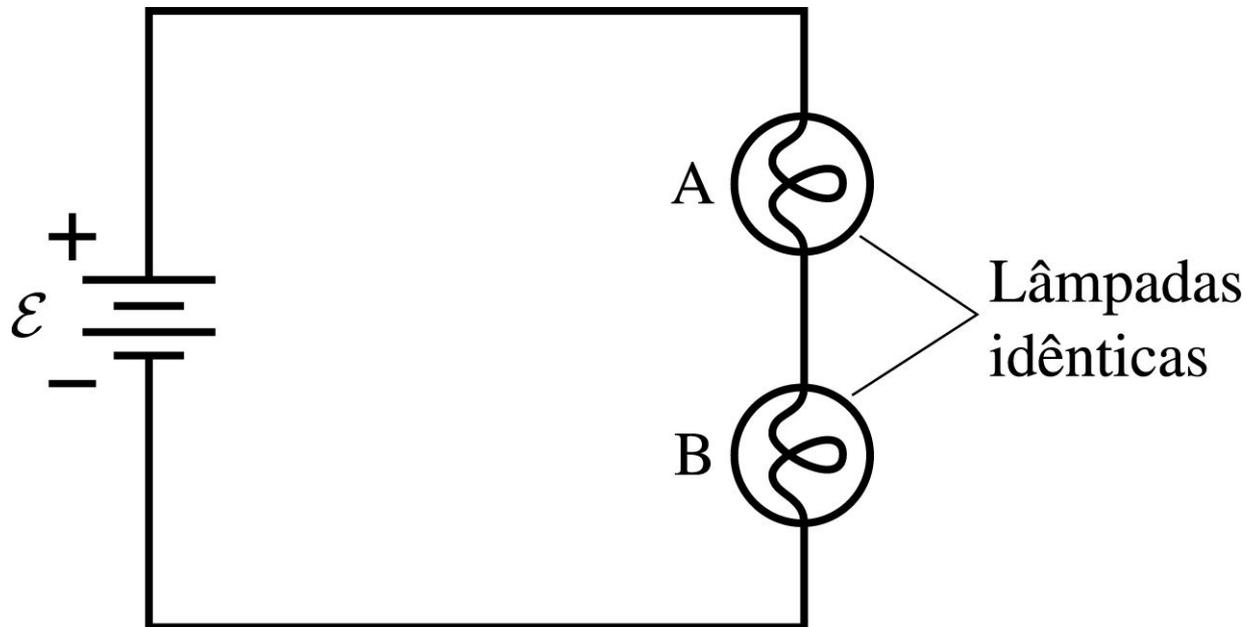
## Exemplo 32.1





## ● Energia e potência

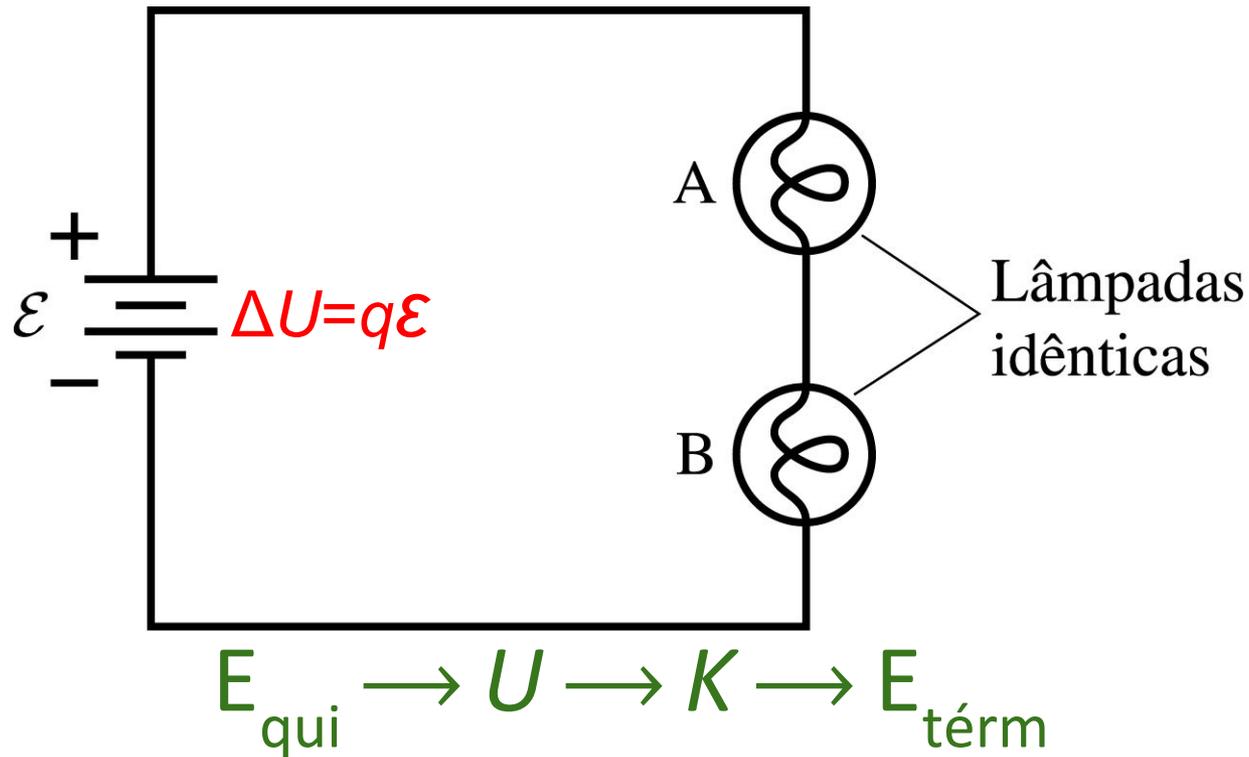
Já vimos que no caso abaixo as lâmpadas acesas possuem o mesmo brilho...



Como podemos explicar o porquê (em termos da energia) das lâmpadas acenderem com a mesma intensidade?



## Energia e potência

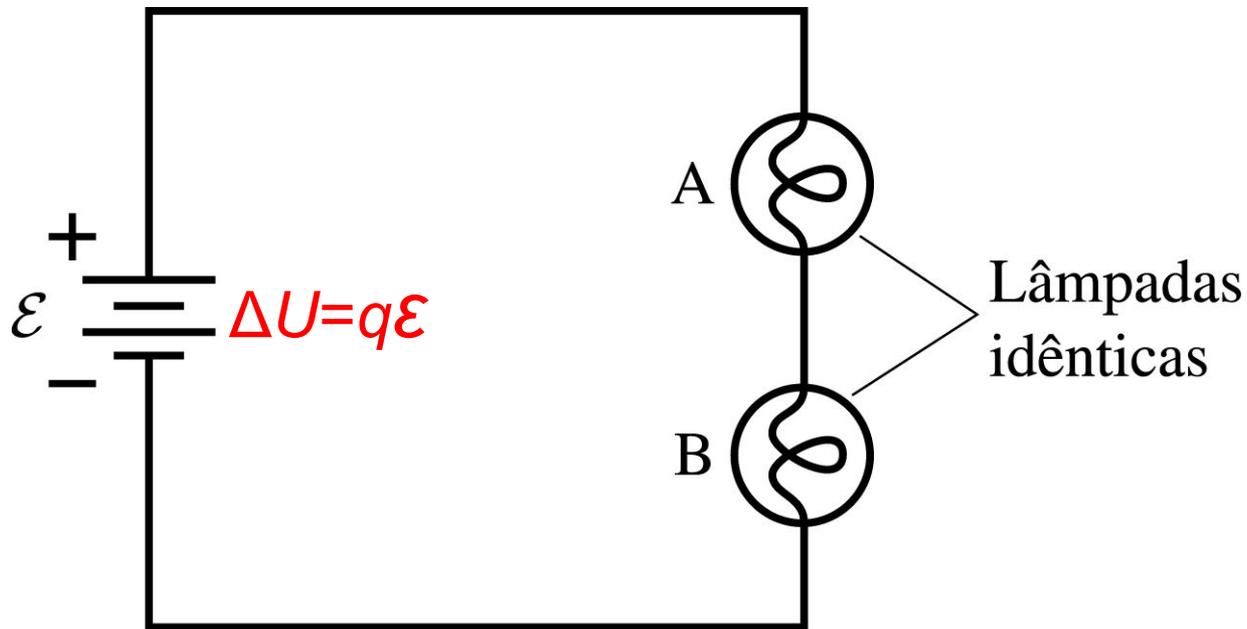


A bateria (ideal) fornece  $\Delta U = q\varepsilon$  à carga qdo ela é levada do terminal negativo ao positivo



## ● Energia e potência

A taxa segundo a qual a bateria fornece energia às cargas.



$P_{bat}$  = taxa de transferência de energia =  $\frac{dU}{dt} = \frac{dq}{dt} \varepsilon$

$$P_{bat} = I\varepsilon$$

$$[\text{J/s}] = [\text{W}]$$



## ● Teste Conceitual

**Quanto vale em joules 1 KWh?**

- A) 1k joule**
- B) 3,6k joules**
- C) 1M joule**
- D) 3,6M joules**



## ● Teste Conceitual

Quanto vale em joules 1 KWh?

- A) 1k joule
- B) 3,6k joules
- C) 1M joule
- D) 3,6M joules**



## ● Teste Conceitual

**A potência de um aquecedor de água vale 4000W. Qual a energia gasta em 10h?**

- A) 40 kwh**
- B) 10 kwh**
- C) 36 kwh**
- D) 4 Mwh**



## ● Teste Conceitual

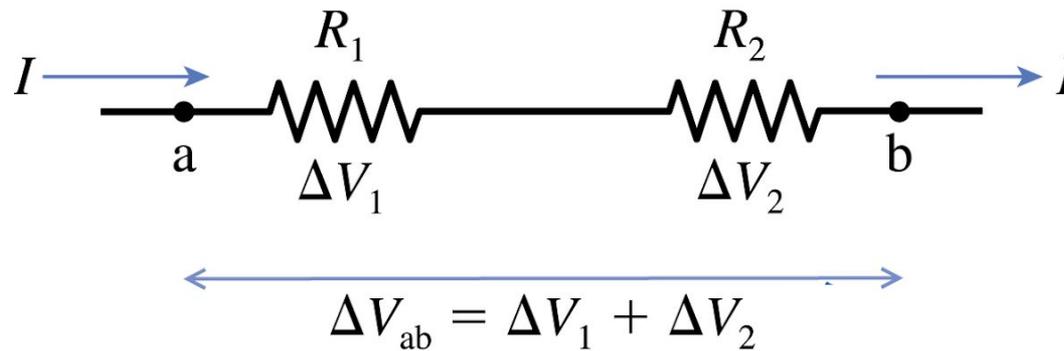
A potência de um aquecedor de água vale  $4000\text{W}$ . Qual a energia gasta em  $10\text{h}$ ?

- A) 40 kwh
- B) 10 kwh
- C) 36 kwh
- D) 4 Mwh



## ● Resistores em série

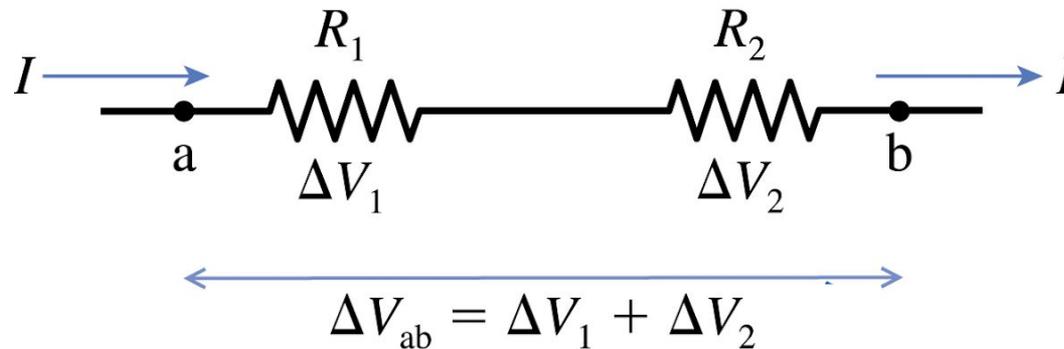
(a) Dois resistores em série



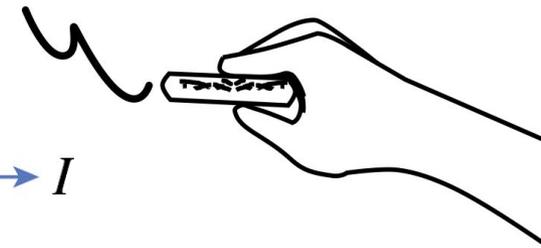
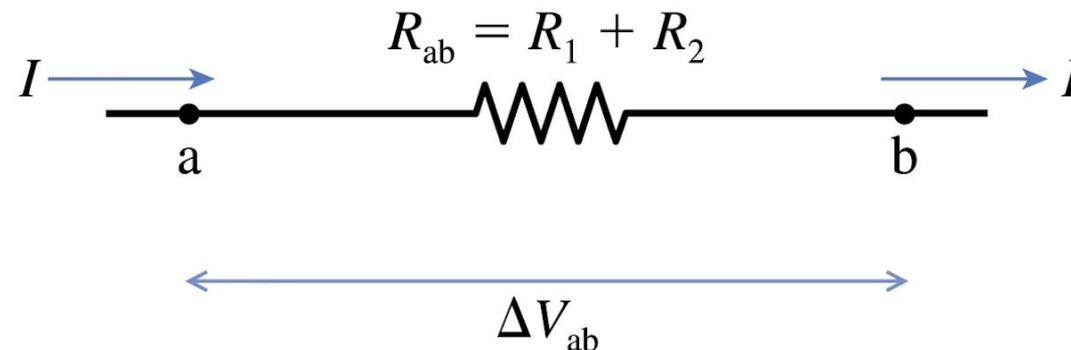


## Resistores em série

(a) Dois resistores em série



A ideia básica é de que podemos substituir os dois resistores por um único **resistor equivalente**...



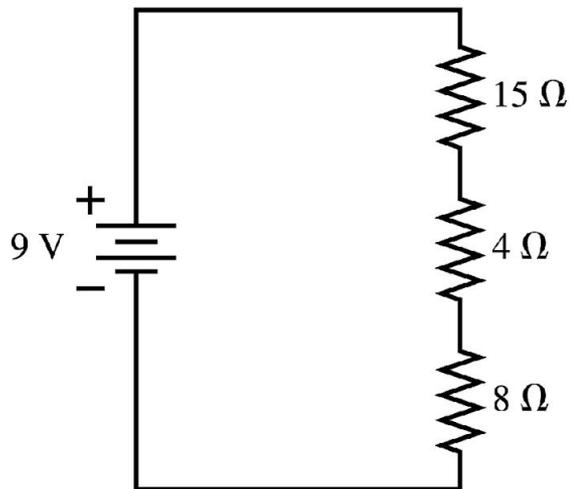
## Resistores em série

A ideia básica é de que podemos substituir os dois resistores por um único **resistor equivalente**...

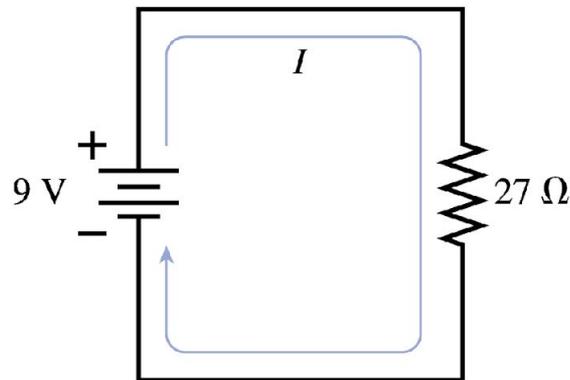
Olhando mais de perto o Ex. 32.6

$$R_{eq} = 27\Omega \text{ e } I = 0,333A$$

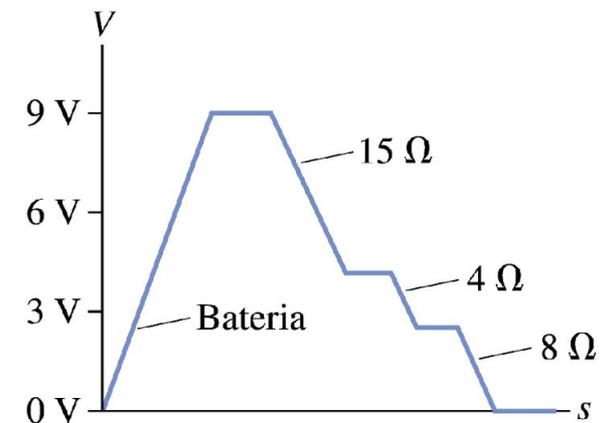
(a)



(b)



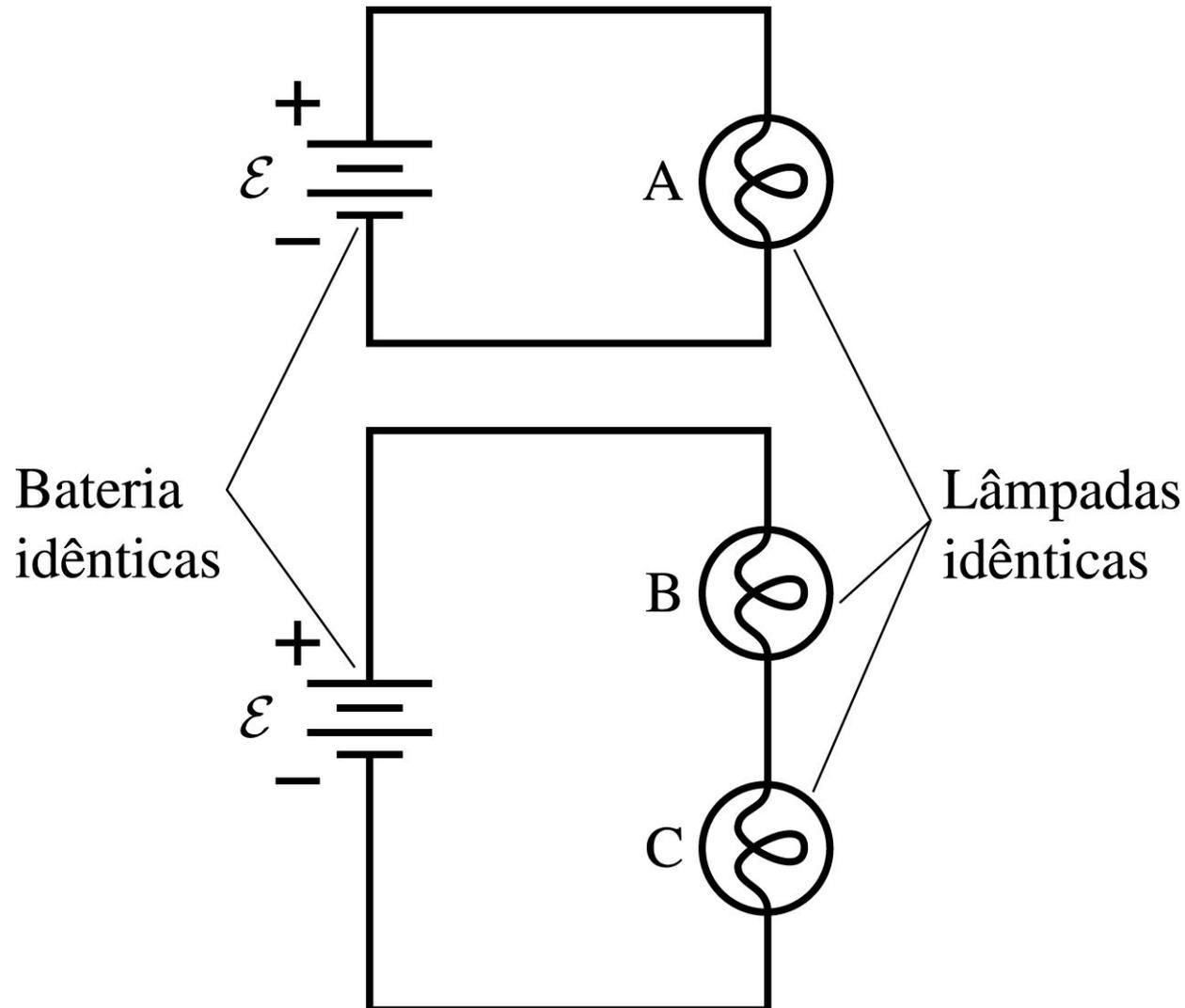
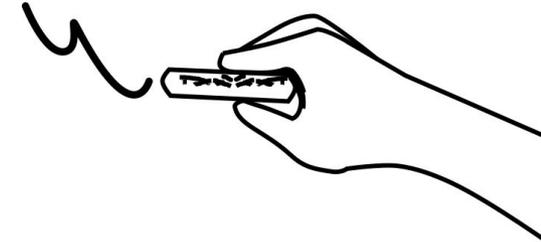
(c)





## ● Resistores em série

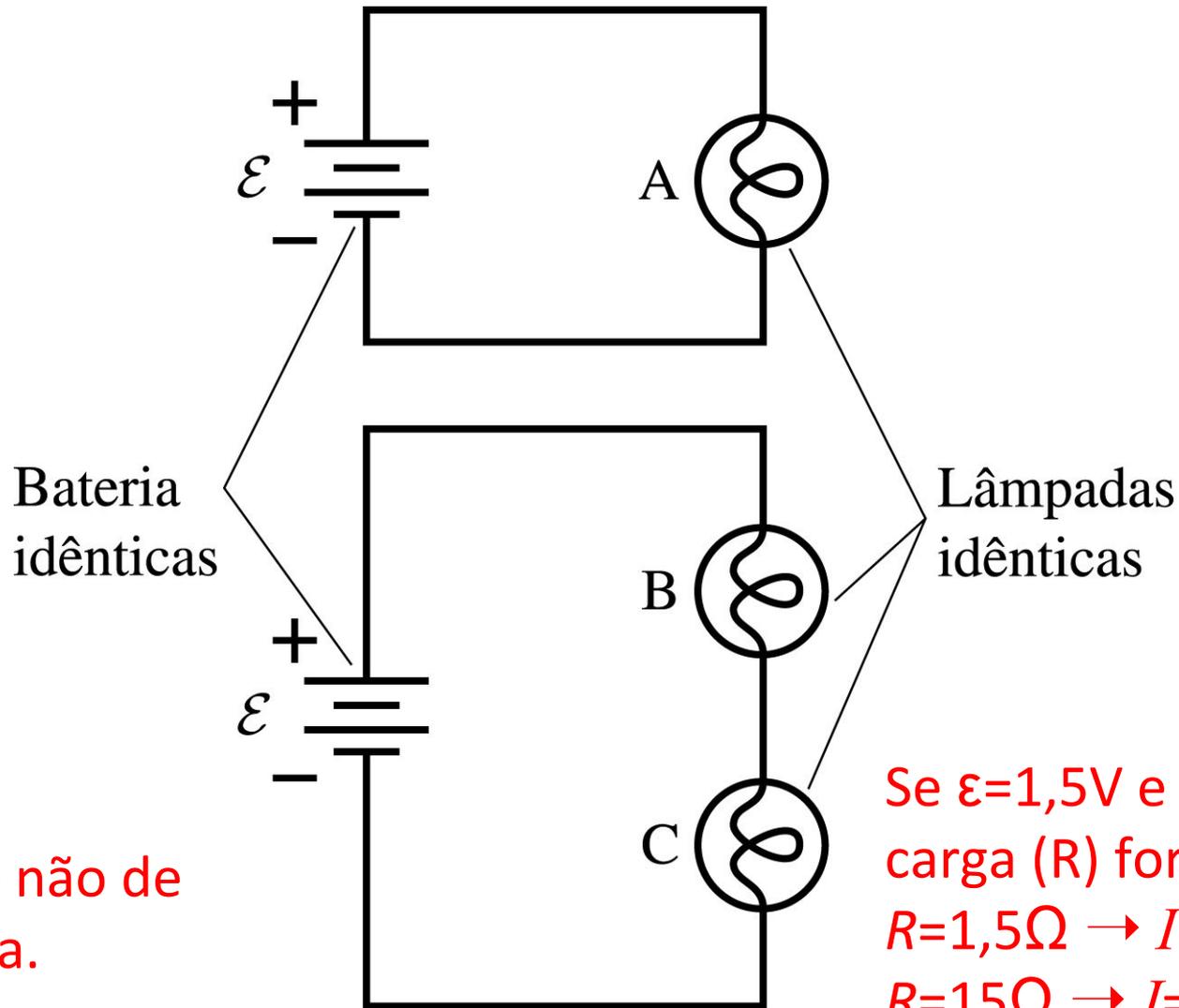
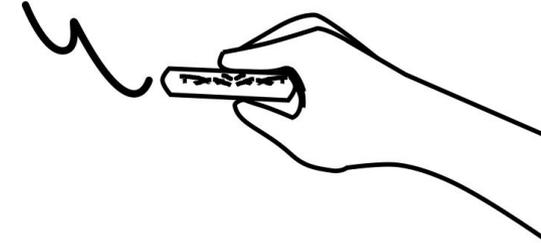
O caso das lâmpadas em série...





## ● Resistores em série

O caso das lâmpadas em série...



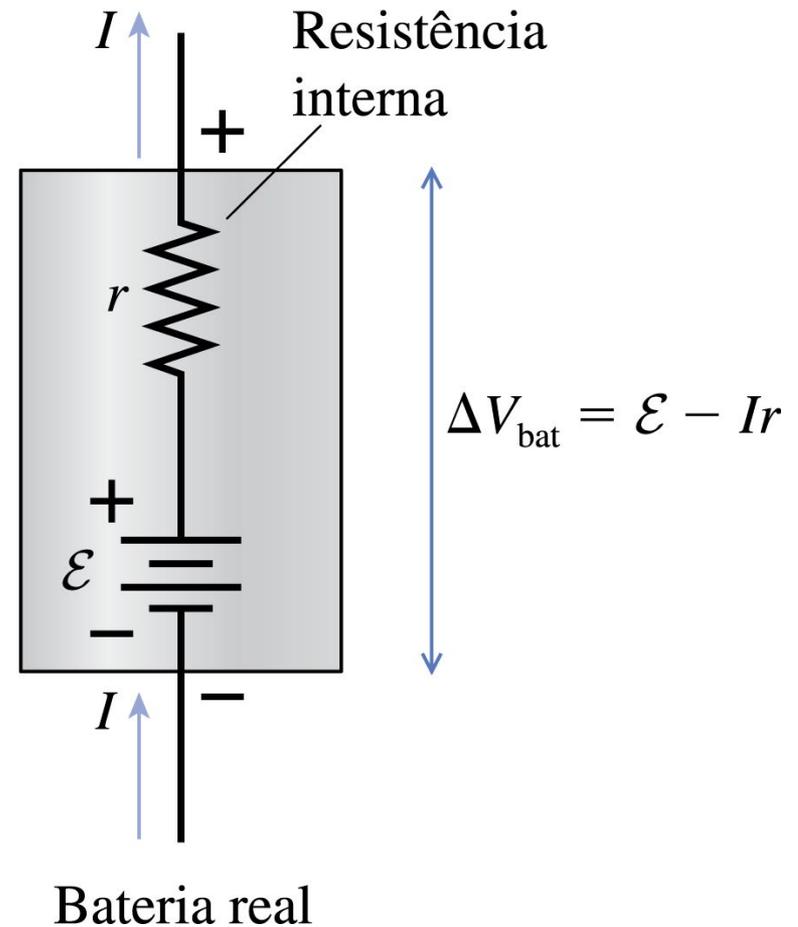
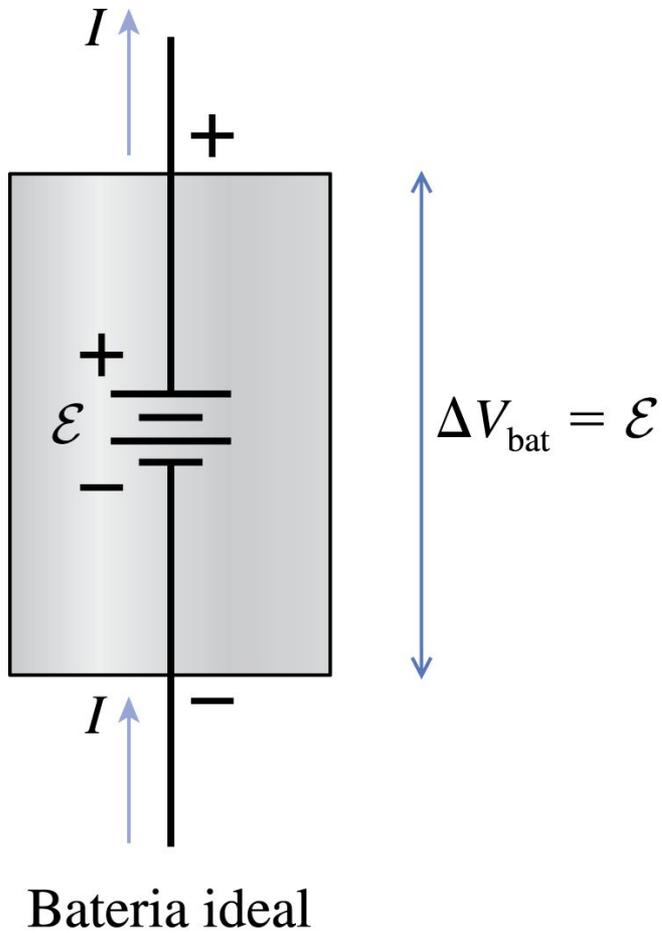
Fonte de ddp, e não de corrente elétrica.

Se  $\varepsilon=1,5V$  e a resistência de carga (R) for:  
 $R=1,5\Omega \rightarrow I=1,0A$   
 $R=15\Omega \rightarrow I=0,1A$



## ● Baterias reais

As baterias reais apresentam uma resistência interna...

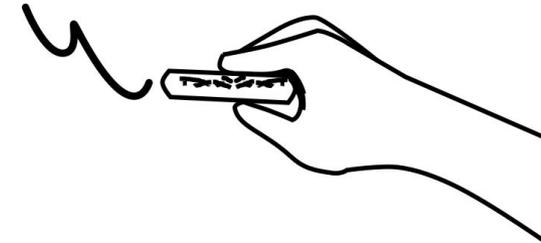


Neste caso, se a corrente for  $I$ ,  $\Delta V_{\text{bat}} = \mathcal{E} - IR$ .

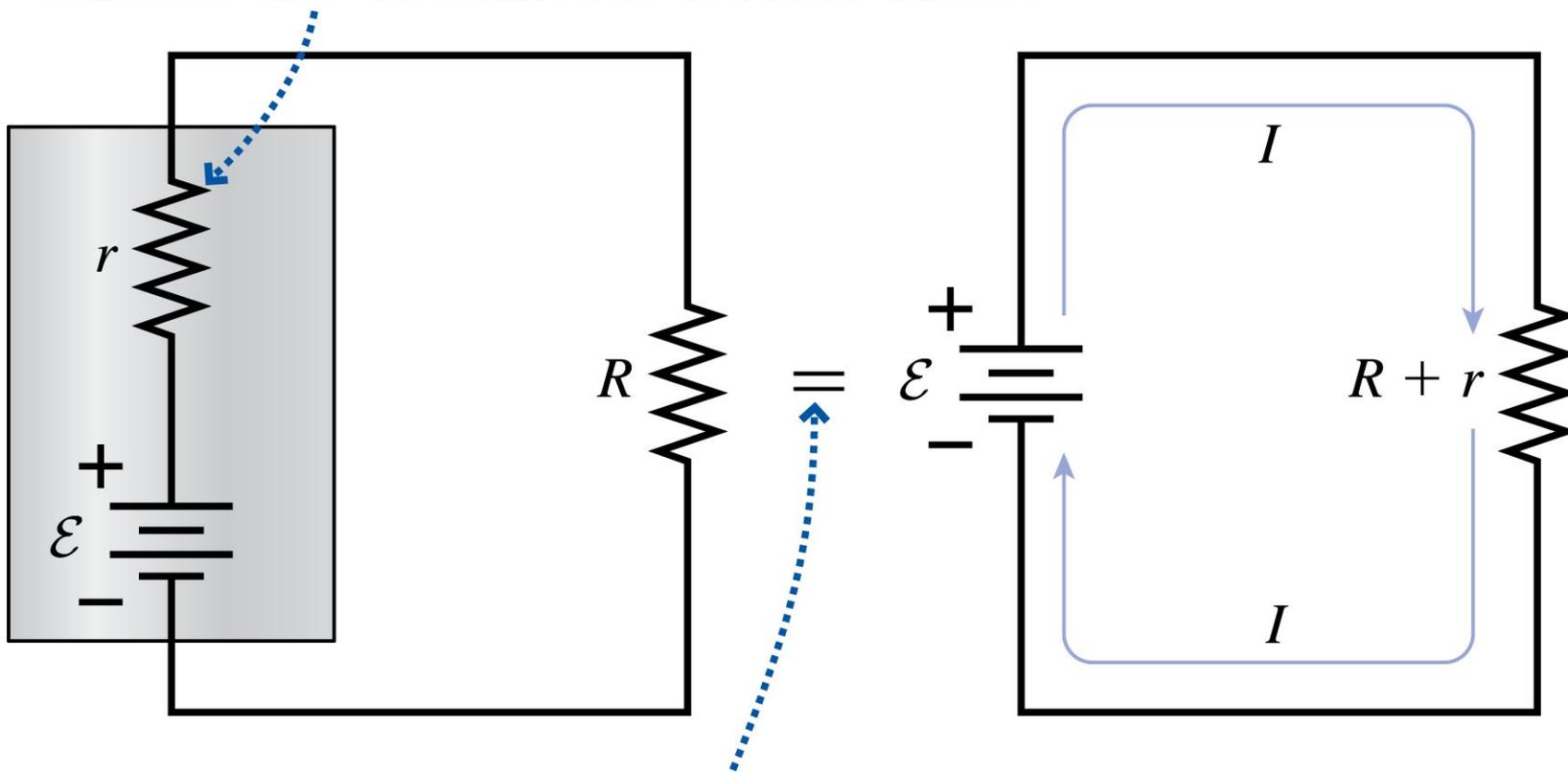


## ● Baterias reais

As baterias reais apresentam uma resistência interna...



Embora fisicamente separada, a resistência interna  $r$  está eletricamente em série com  $R$ .



Isso significa que os dois circuitos são equivalentes.

$$\Delta V_{bat} = \Delta V_R = \frac{R}{r+R} \mathcal{E}$$



## ● Curto-circuito

Se a resistência do fio for nula (fio ideal)

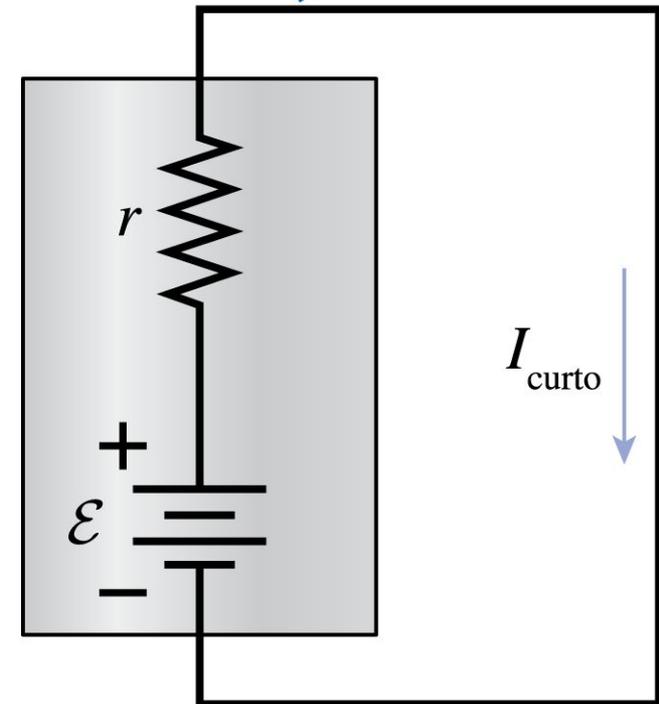
Teoricamente,

$$I = \mathcal{E} / R_{fio} = \infty$$

Contudo, a bateria não fornece corrente infinita. Neste caso, a resistência interna entra em cena...

$$I = \mathcal{E} / r$$

Este fio está em curto com a bateria.

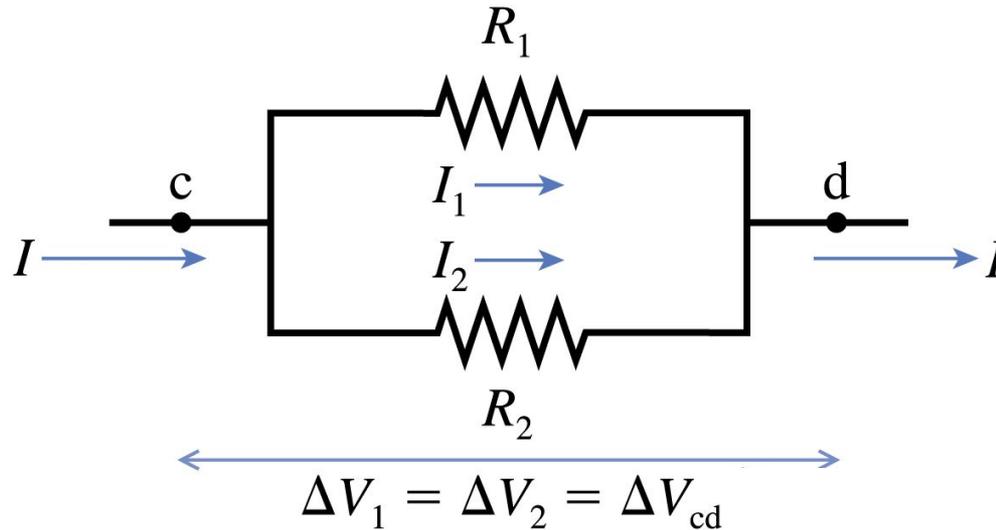


Uma bateria de  $3,0V\Omega$  com  $r = 1$  gera uma corrente de curto-circuito de 3A.

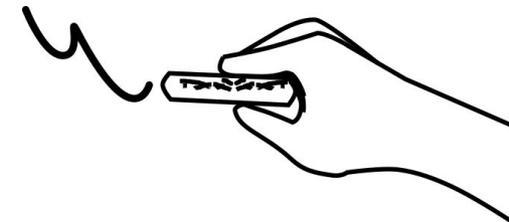
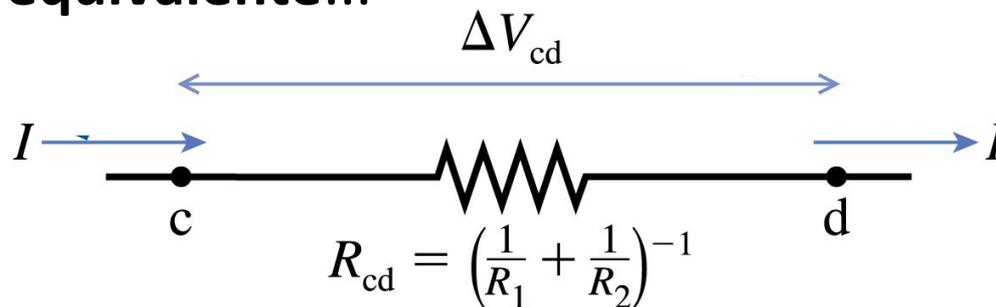


## Resistores em paralelo

(a) Dois resistores em paralelo



A ideia básica é de que podemos substituir os dois resistores por um único **resistor equivalente**...

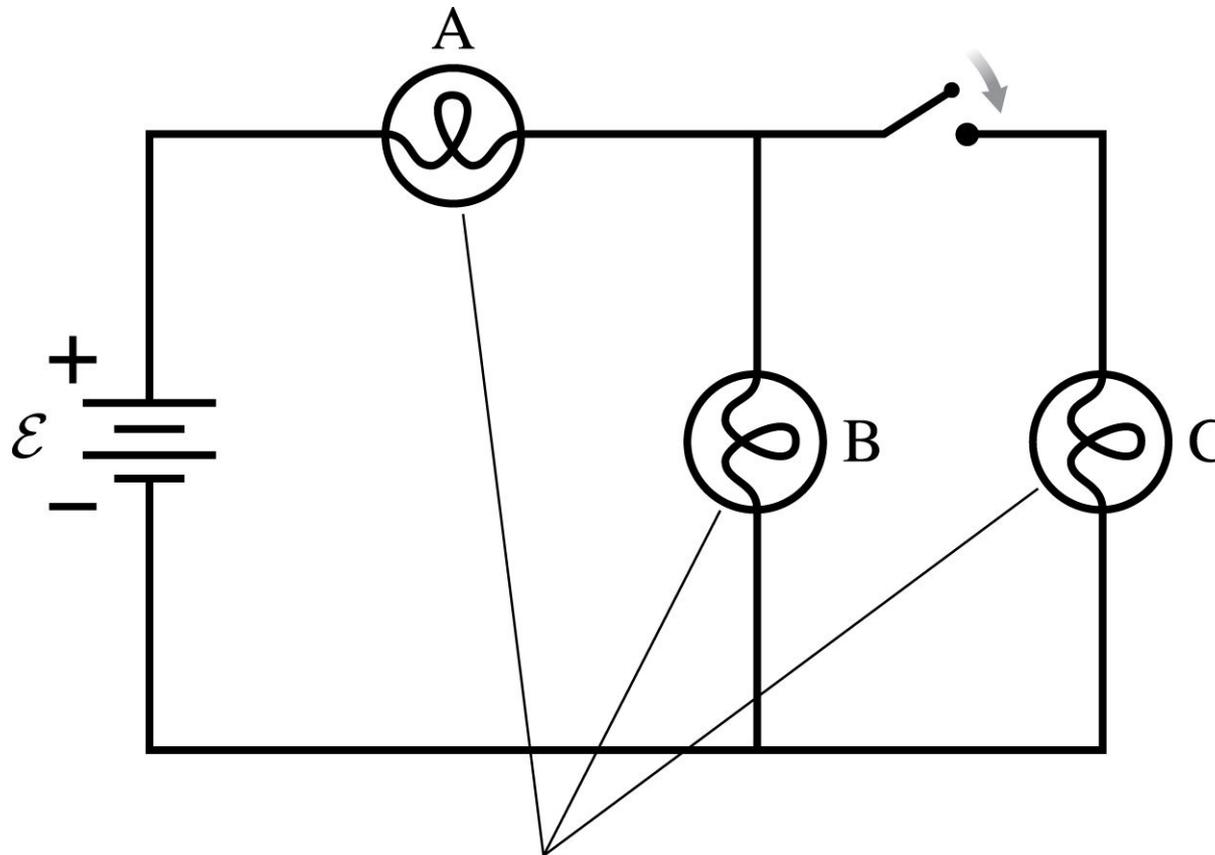




## ● Resistores em paralelo

O caso das lâmpadas em paralelo...

Como ficam os brilhos após o fechamento da chave?

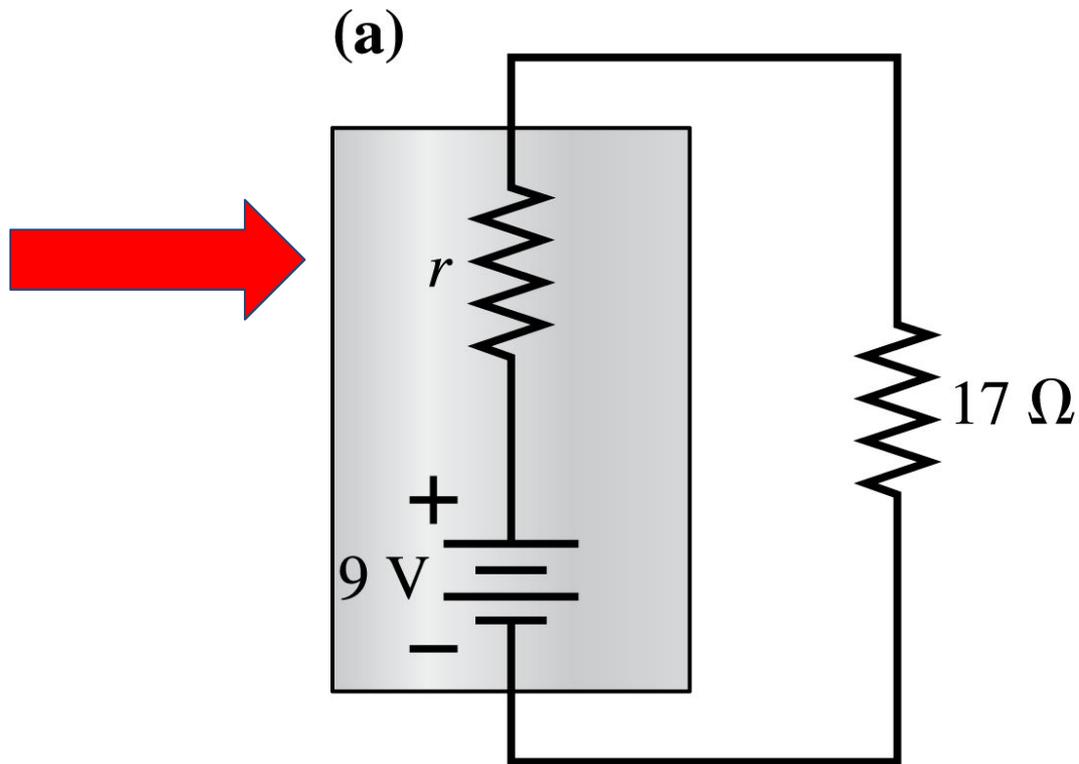


Lâmpadas idênticas



## ● Medindo a resistência interna

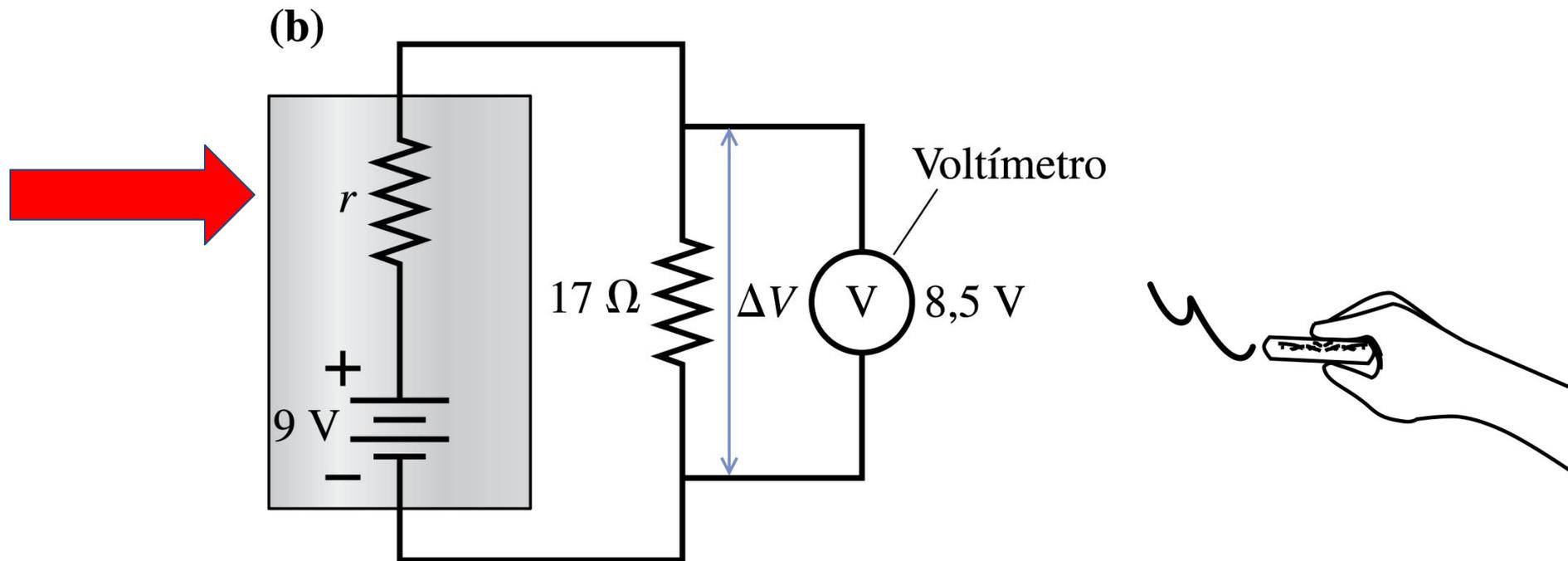
Como devemos proceder para medir  $r$ ?





## ● Medindo a resistência interna

Como devemos proceder para medir  $r$ ?





## ● Circuitos resistivos

### Estratégia e aplicações

- Considere que os fios e baterias sejam ideais, a menos que seja orientado ao contrário.
- Desenhe o diagrama de circuito.
- Baseie suas análises nas leis de Kirchhoff
  - Passo a passo, reduza o circuito ao menor número possível de resistores equivalentes
  - Escreva a Lei de Kirchhoff para cada malha independente do circuito
  - Determine a  $I$  e a  $\Delta V$  em todos os  $R_{eqs}$ .
  - Reconstrua o circuito considerando que  **$I$  é a mesma em todos os resistores ligados em série e  $\Delta V$  é a mesma em todos os resistores ligados em paralelo.**

### Avaliação

- Verifique se a soma das  $\Delta V$  devido às ligações em série corresponde a  $\Delta V$  através do resistor equivalente.
- Verifique se a soma das correntes devido às ligações em paralelo corresponde a corrente através do resistor equivalente.

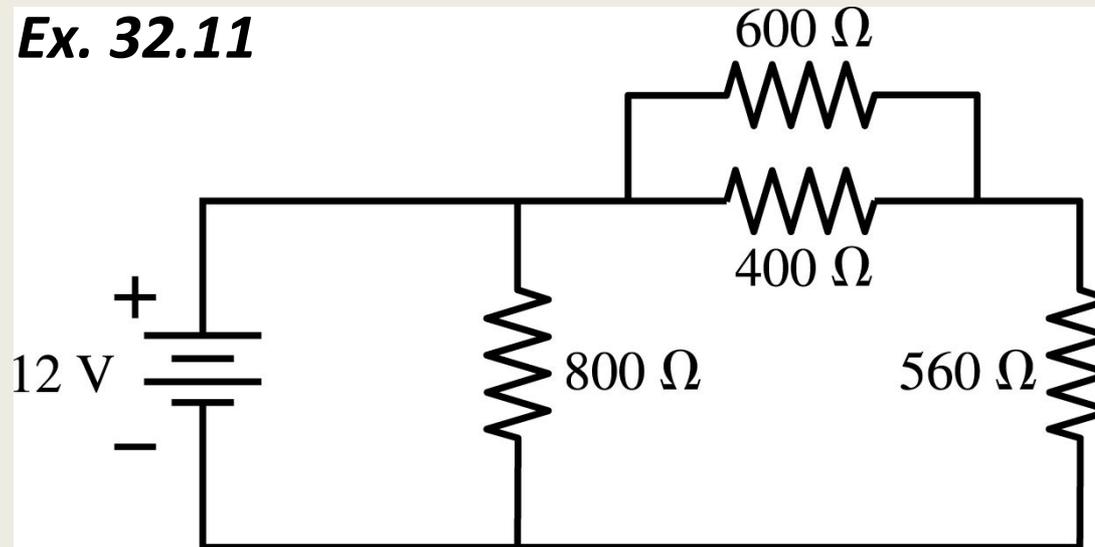


## ● Circuitos resistivos

### Estratégia e aplicações

- Considere que os fios e baterias sejam ideais, a menos que seja orientado ao contrário.
- Desenhe o diagrama de circuito.
- Baseie suas análises nas leis de Kirchhoff
  - Passo a passo, reduza o circuito ao menor número possível de resistores equivalentes

**Ex. 32.11**



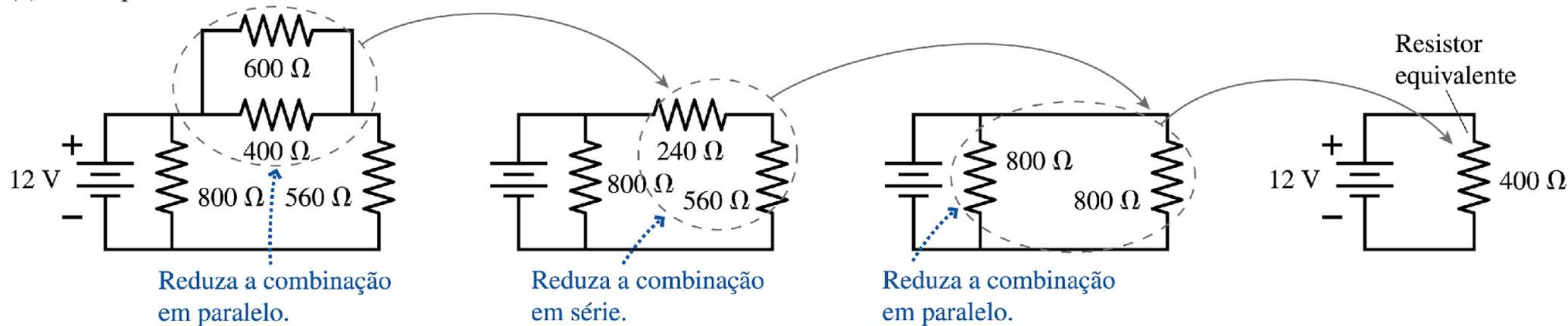


## ● Circuitos resistivos

### Estratégia e aplicações

- Considere que os fios e baterias sejam ideais, a menos que seja orientado ao contrário.
- Desenhe o diagrama de circuito.
- Baseie suas análises nas leis de Kirchhoff
  - Passo a passo, reduza o circuito ao menor número possível de resistores equivalentes

(a) Decomponha o circuito.





## ● Circuitos resistivos

### Estratégia e aplicações

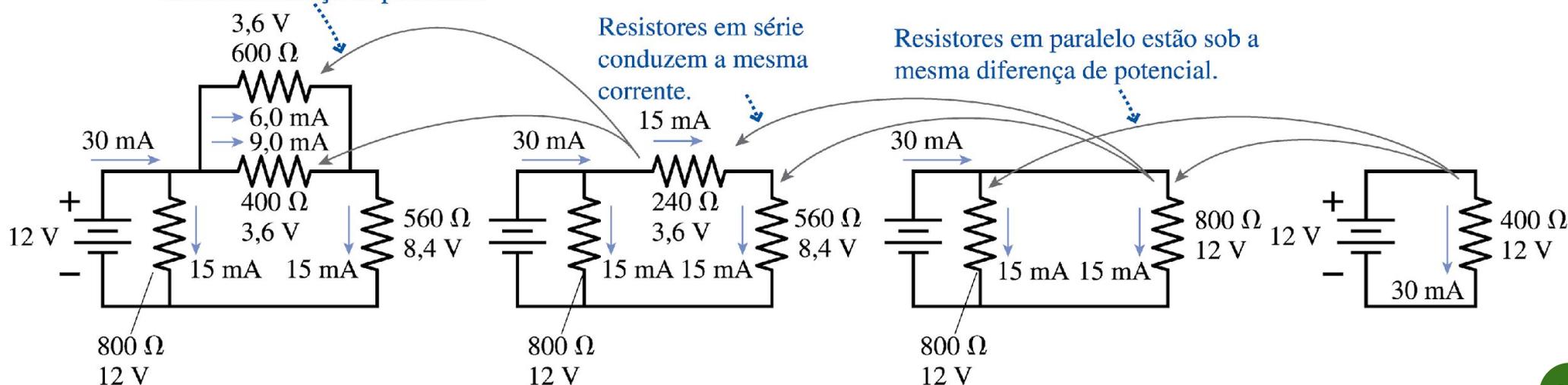
- Considere que os fios e baterias sejam ideais, a menos que seja orientado ao contrário.
- Desenhe o diagrama de circuito.
- Baseie suas análises nas leis de Kirchhoff
  - Passo a passo, reduza o circuito ao menor número possível de resistores equivalentes.

(b) Reconstrua o circuito. ←

Resistores em paralelo estão sob a mesma diferença de potencial.

Resistores em série conduzem a mesma corrente.

Resistores em paralelo estão sob a mesma diferença de potencial.





## ● Aterramento

Os procedimentos de análise de circuito que estudamos aqui lidam somente com ddp's. Ainda que sejamos livres pra escolher  $V=0$ , não precisamos escolher um ponto de potencial elétrico zero.

Entretanto, na prática, quanto estivermos trabalhando com diferentes circuitos que devem ser conectados, como um CD player e um amplificador, **a escolha de um referencial em comum pode ser fundamental**. Por outro lado, o **aterramento elétrico também tem a função de proteção ao usuário e ao equipamento**.

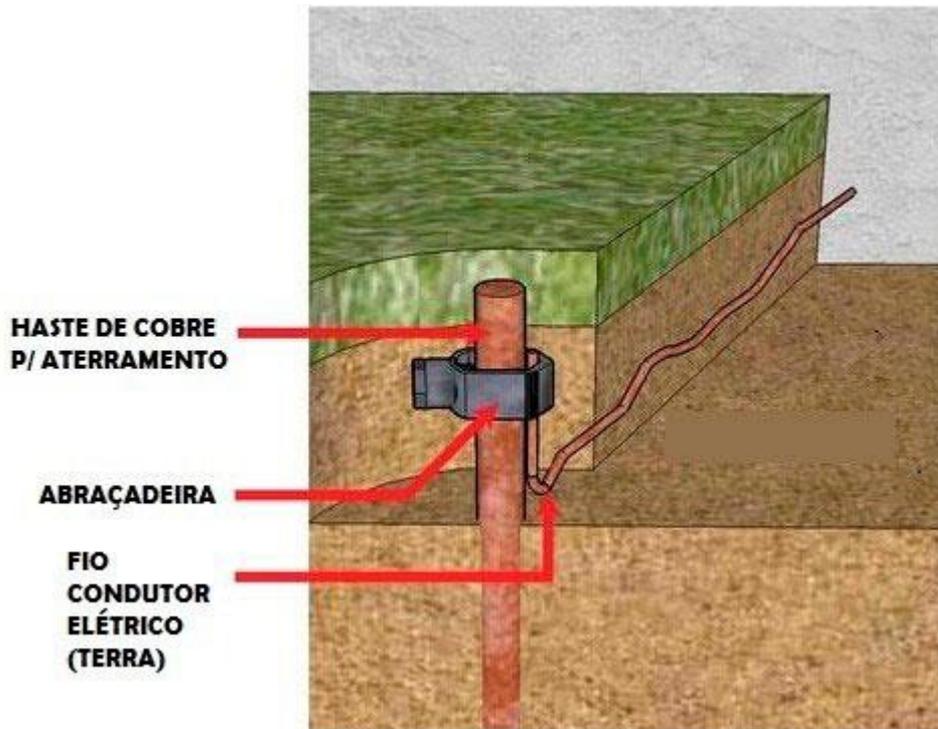
Em resumo, as funções do aterramento são:

- Estabelecimento de um potencial de referência
- Proteção contra panes e descargas elétricas (raios)



## ● Aterramento

Como se faz???

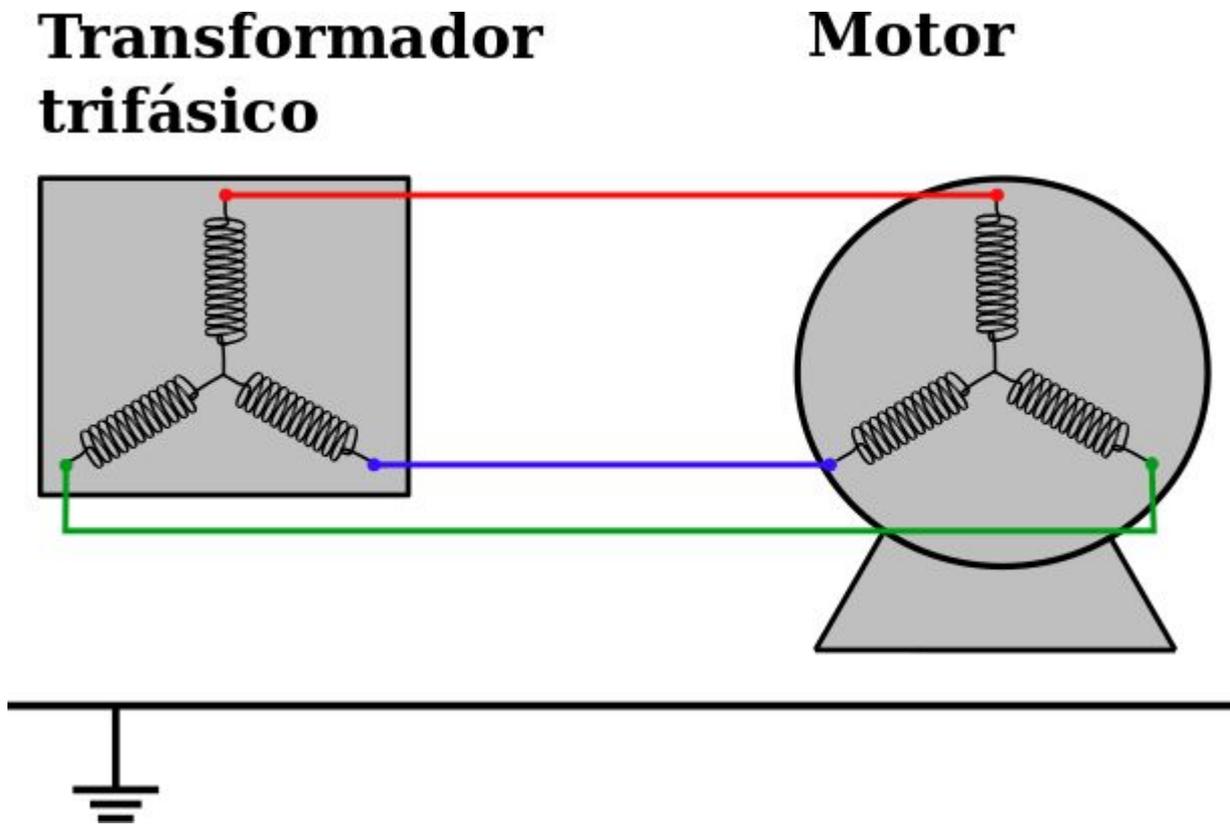


- Aterramento ➡ □ Planeta Terra

*A Terra é um condutor que fornece um mesmo potencial para todos!*

## ● Aterramento

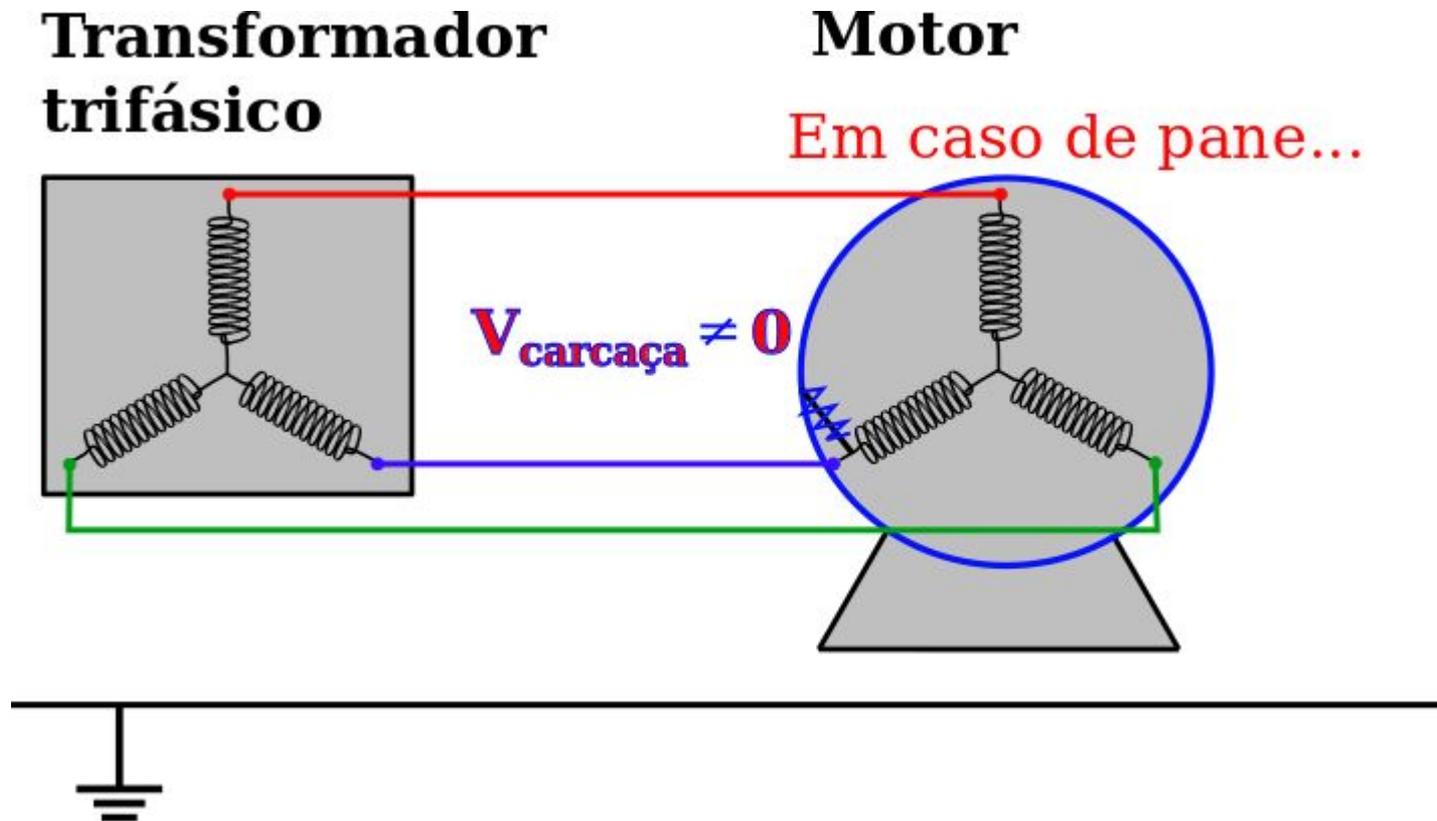
Um sistema sem aterramento...





## ● Aterramento

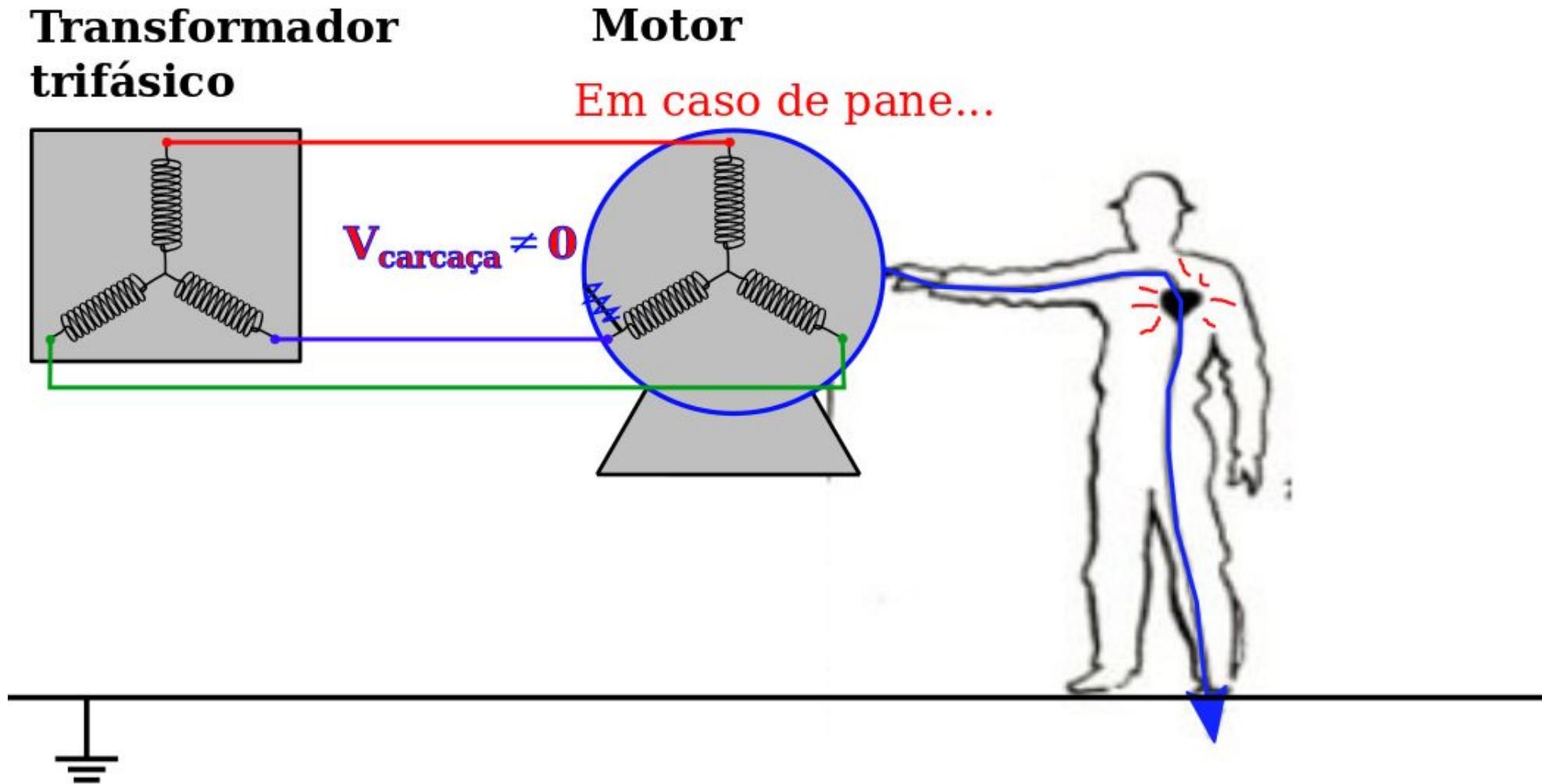
### Um sistema sem aterramento...





## ● Aterramento

### Um sistema sem aterramento...





## ● Aterramento

A corrente que circula pelo corpo da pessoa pode **não** ser pequena.

### Um sistema sem aterramento...

**Transformador trifásico**

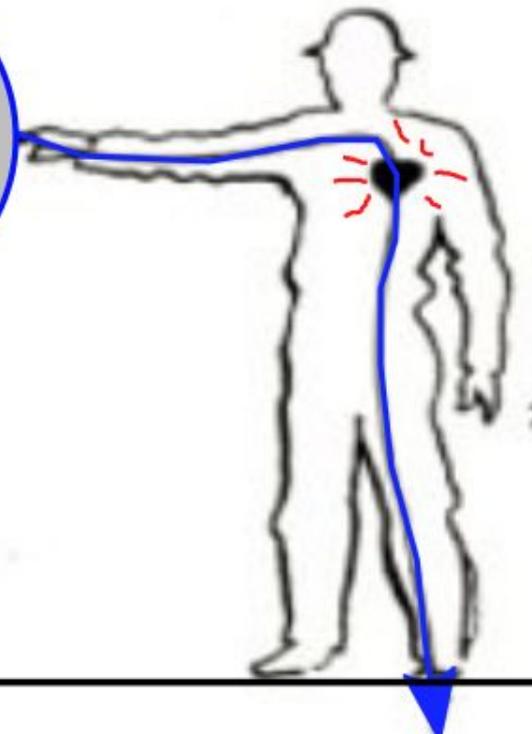
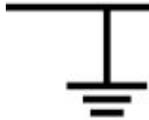
**Motor**

Em caso de pane...

$$V_{\text{carcaça}} \neq 0$$

Sem o fio terra:

A corrente do circuito **não** aumenta muito e a proteção (disjuntor/fusível) não irá desligar o circuito.





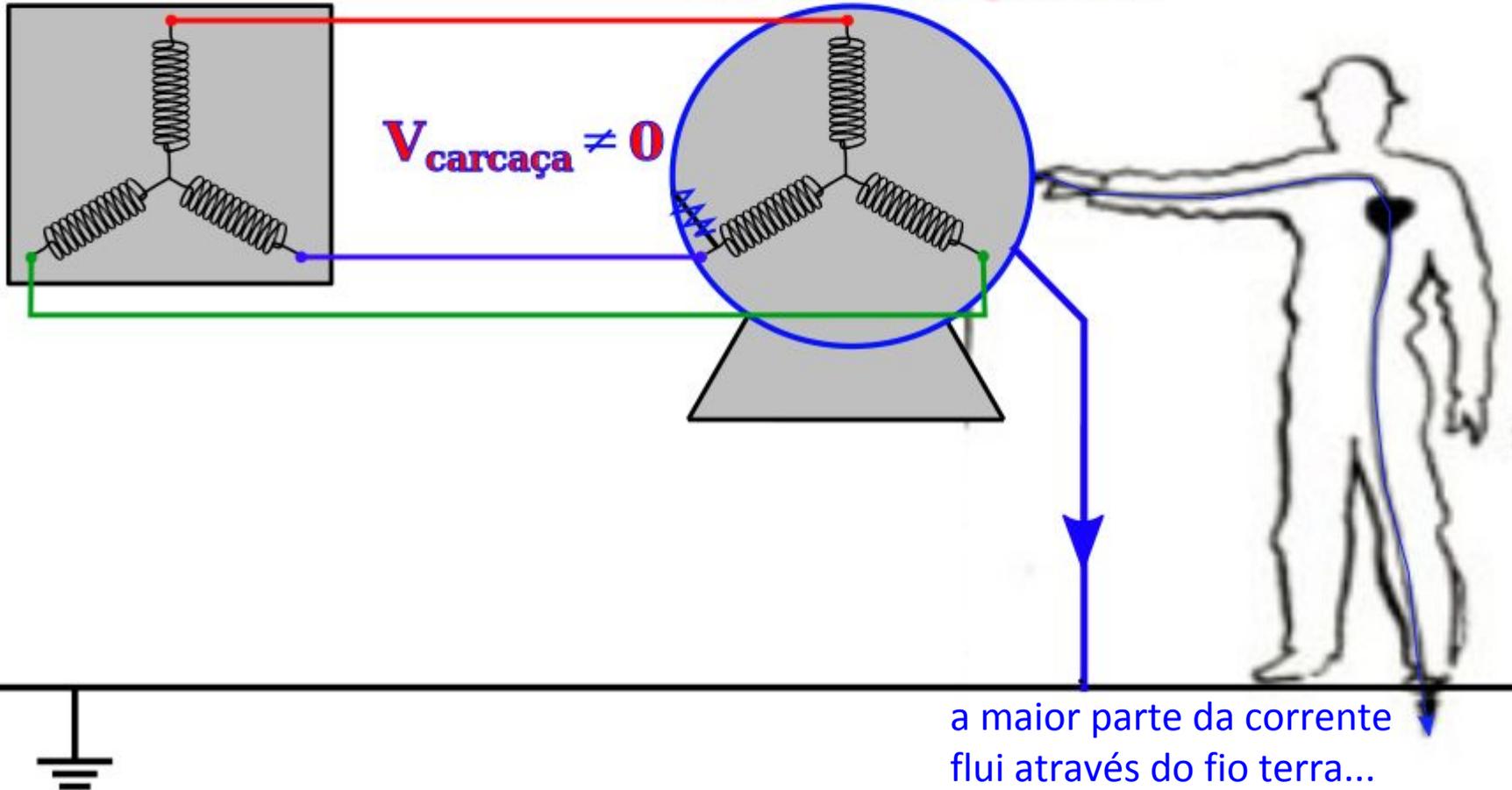
## ● Aterramento

Um sistema **com** aterramento...

**Transformador trifásico**

**Motor**

Em caso de pane...





## ● Aterramento

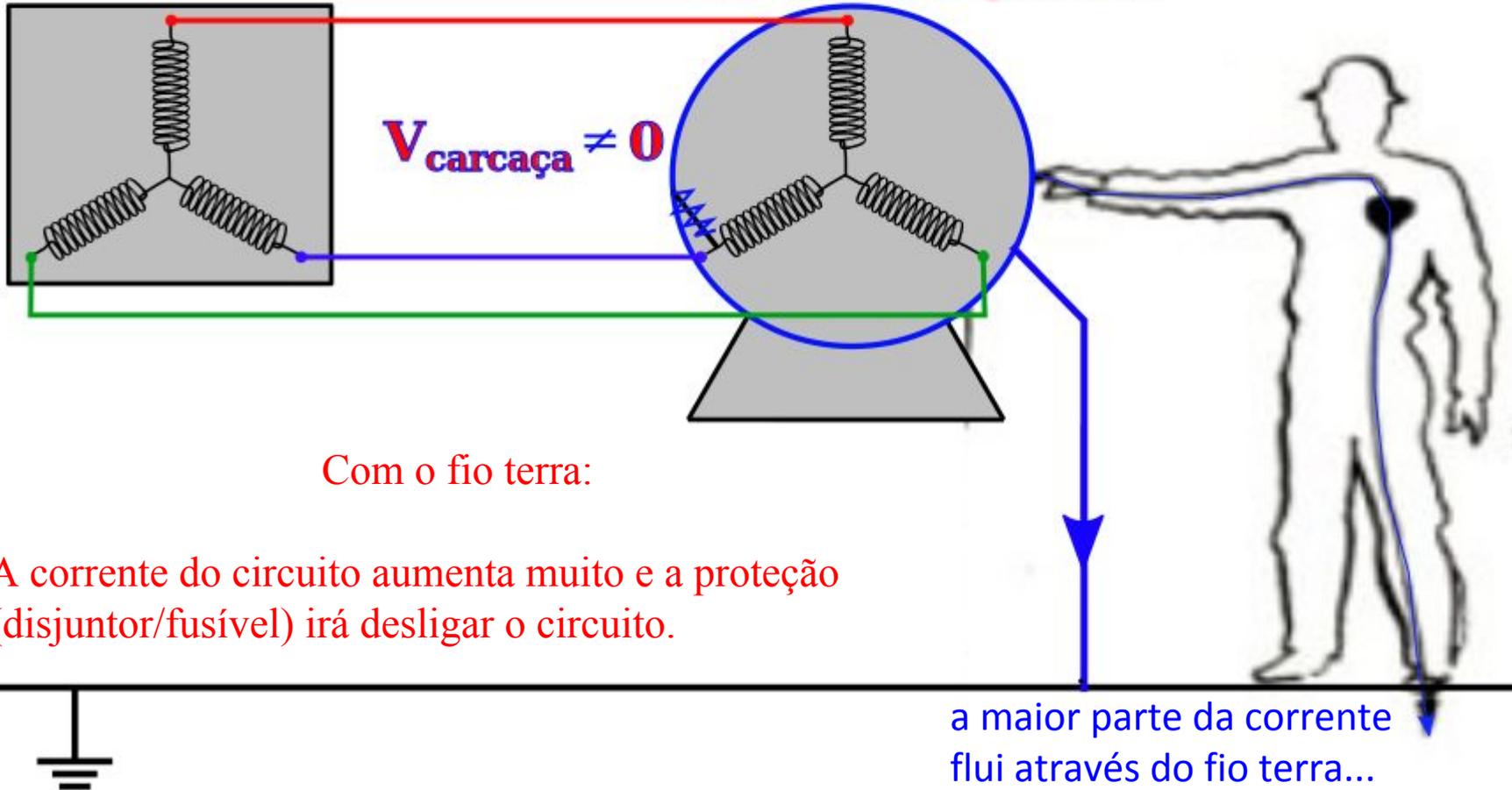
### Um sistema **com** aterramento...

A corrente que circula pelo corpo da pessoa é muito pequena porque ela ficou em paralelo com o fio terra.

**Transformador trifásico**

**Motor**

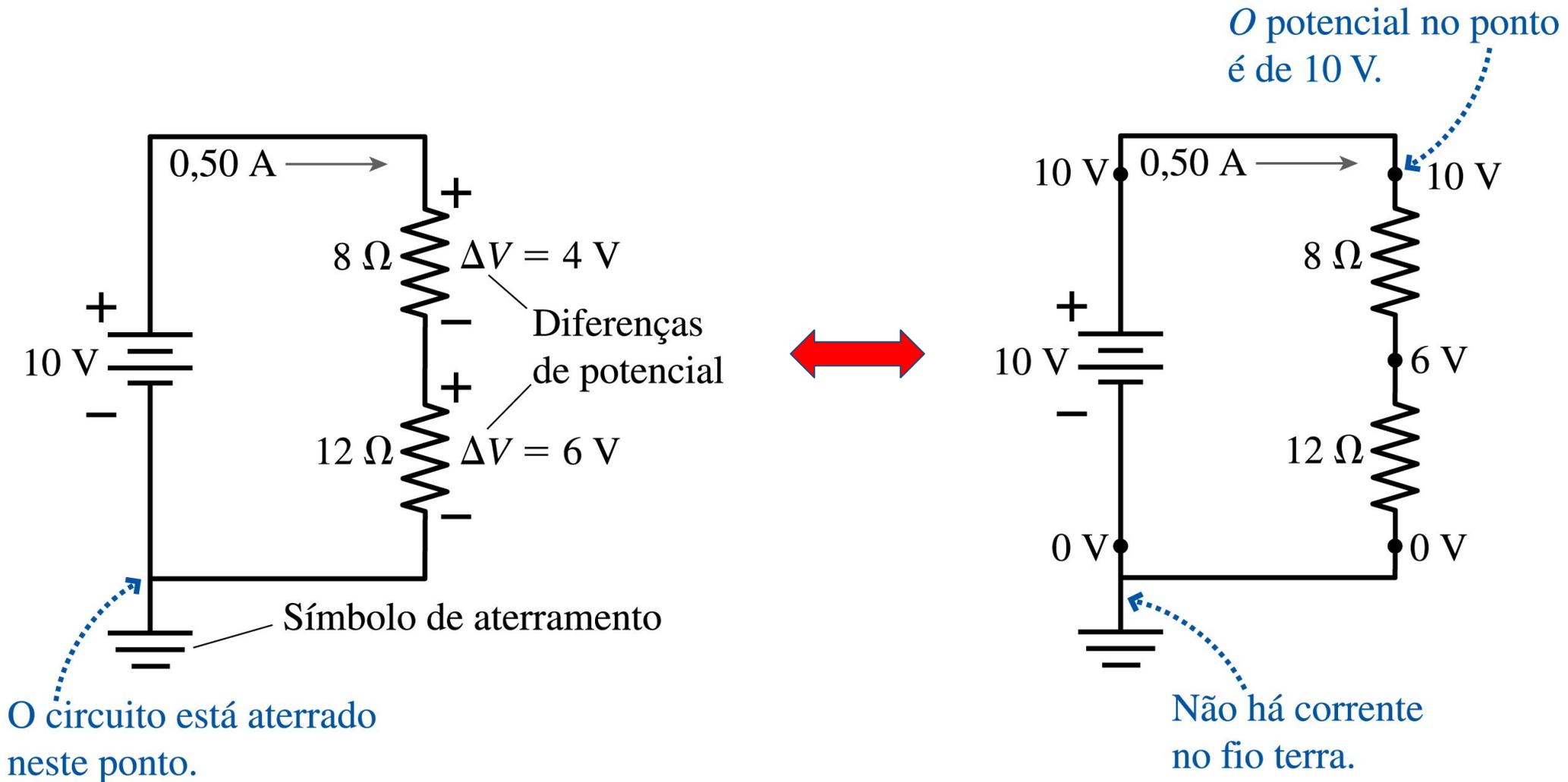
Em caso de pane...



A corrente do circuito aumenta muito e a proteção (disjuntor/fusível) irá desligar o circuito.

## ● Aterramento

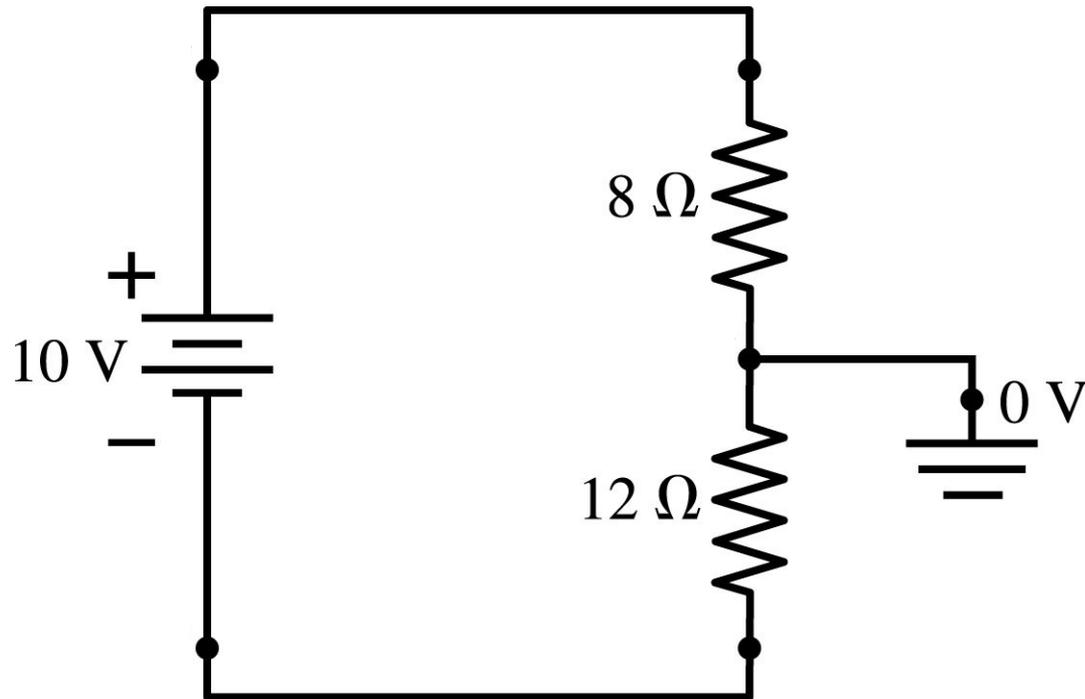
Estabelecendo de um potencial de referência





## ● Aterramento

O que ocorre se trocarmos o Terra?

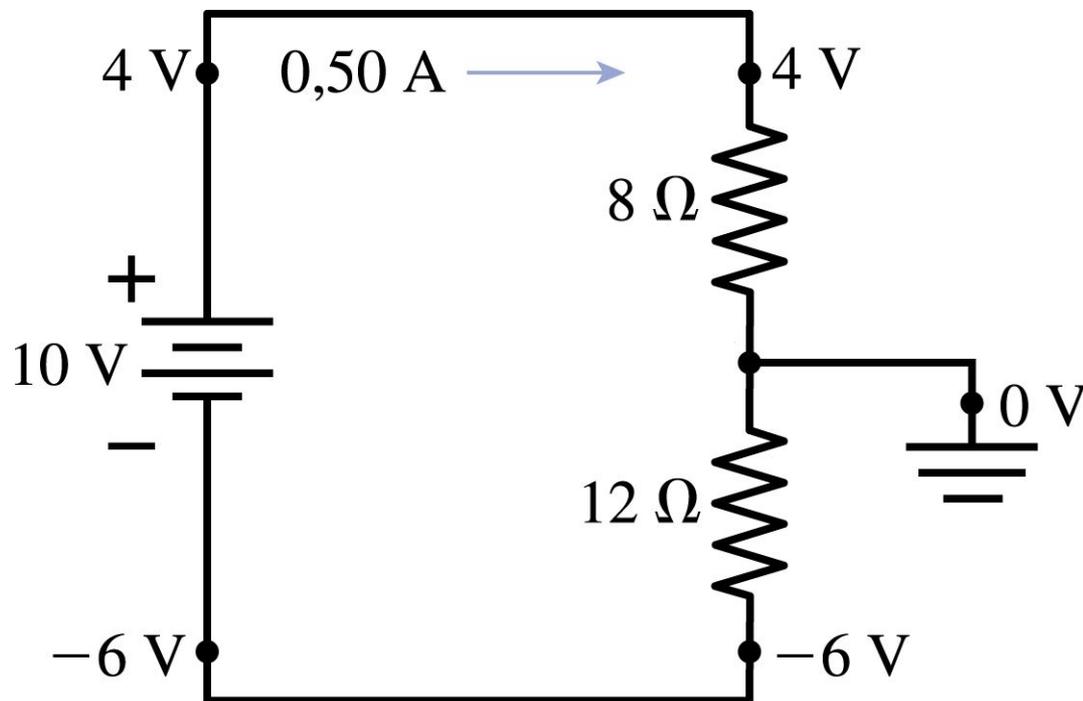




## ● Aterramento

O que ocorre se trocarmos o Terra?

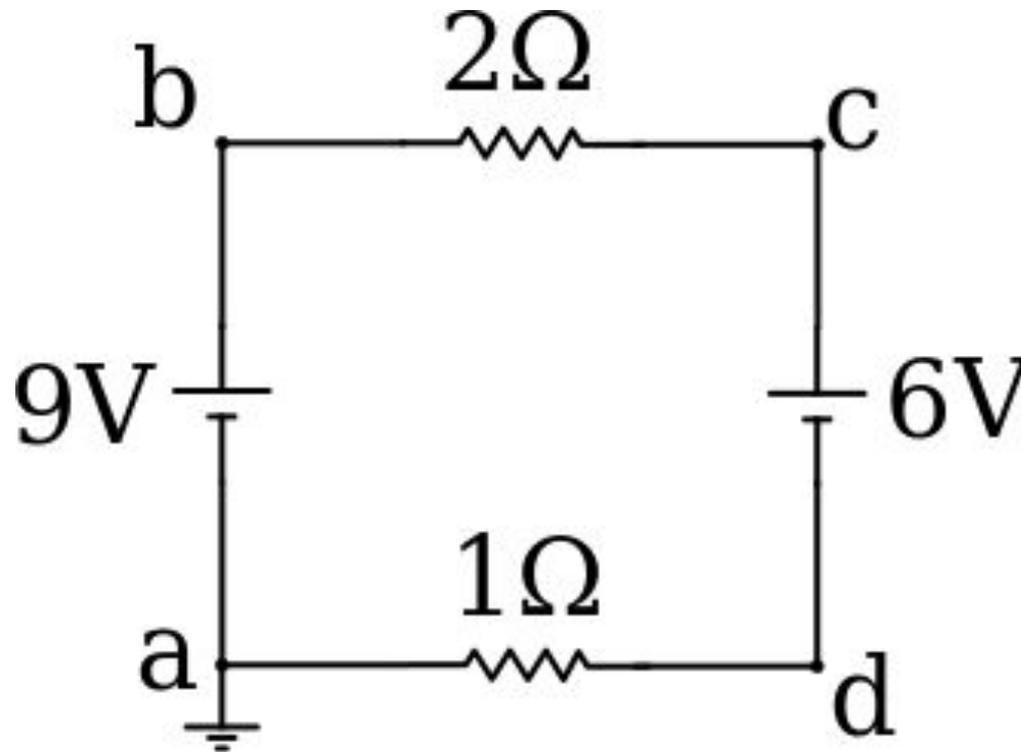
- O fio terra não forma um circuito completo ( $I_{fio\ terra} = 0$ ), ele não afeta o funcionamento do circuito.
- $I = (10V)/(8\Omega + 12\Omega) = 0,50A$





## ● Problema:

Quanto valem os potenciais em a, b, c e d?





## ● Problema:

Como sugestão de estudo recomendo a solução dos problemas: 33\*, 55 e 75.