

CAPÍTULO 2

PARÂMETROS E RELAÇÕES BÁSICAS

INTRODUÇÃO

Para diagnosticar o comportamento de uma instalação elétrica é necessário medir os seus parâmetros elétricos, relacioná-los, analisar os seus resultados e depois tomar decisões para a sua manutenção ou executar novas ampliações.

INTRODUÇÃO

O presente capítulo compreende o reconhecimento e a medição dos principais parâmetros elétricos, o uso de instrumentos para medi-los e as fórmulas que os relacionam.

Com estes fundamentos se estará em condições de medir corrente, tensão, resistência, potência e energia em circuitos elétricos.

OBJETIVOS

- Explicar conceitos elementares.
- Diferenciar as grandezas elétricas básicas.
- Identificar os instrumentos de medição.

TENSÃO ELÉTRICA

- Definimos a tensão como a força capaz de produzir um fluxo de elétrons.
- A tensão se origina por separação de cargas.
- Tensão é a tendência das cargas de se compensar.
- Símbolo da tensão = U



TENSÃO ELÉTRICA

- A unidade de tensão é o volt.
- Símbolo do volt = V

Múltiplo do volt:

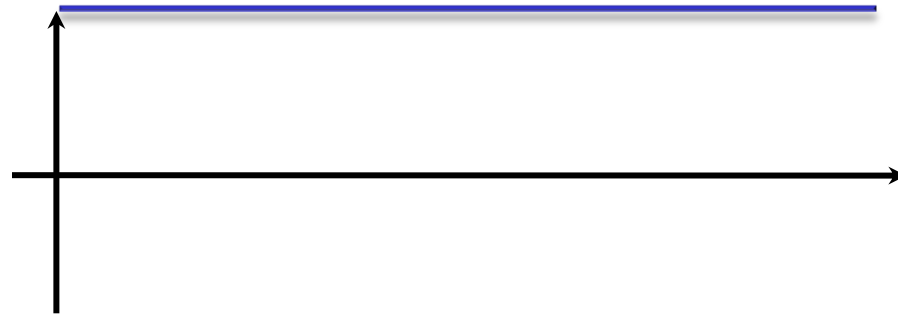
- quilovolt (kV)
- $1 \text{ kV} = 1\,000 \text{ V}$

Submúltiplo do volt:

- milivolt (mV)
- $1 \text{ V} = 1\,000 \text{ mV}$

TIPOS DE TENSÃO ELÉTRICA

Tensão contínua (CC):

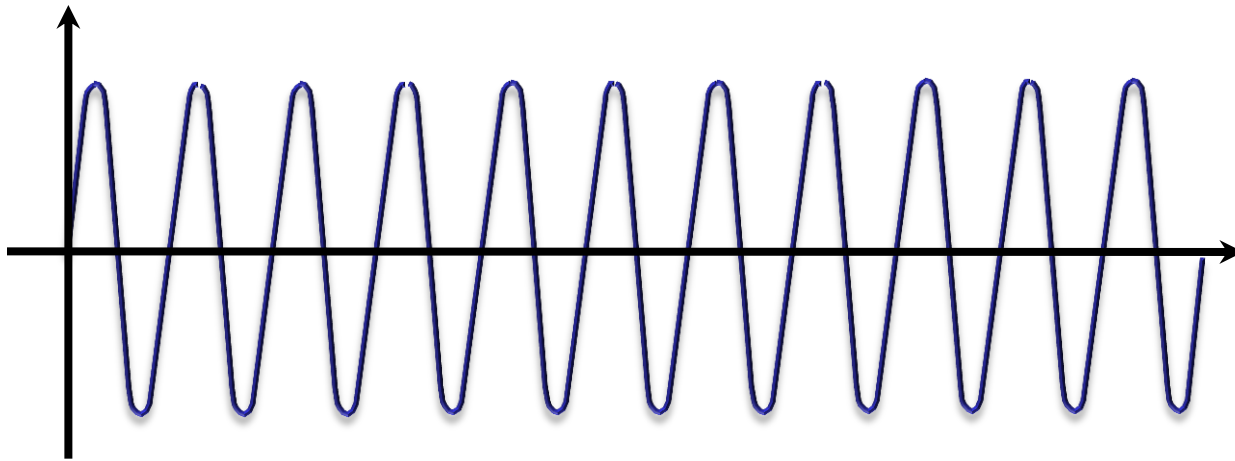


- A tensão contínua mantém a sua polaridade no tempo.



TIPOS DE TENSÃO ELÉTRICA

Tensão alternada (CA):



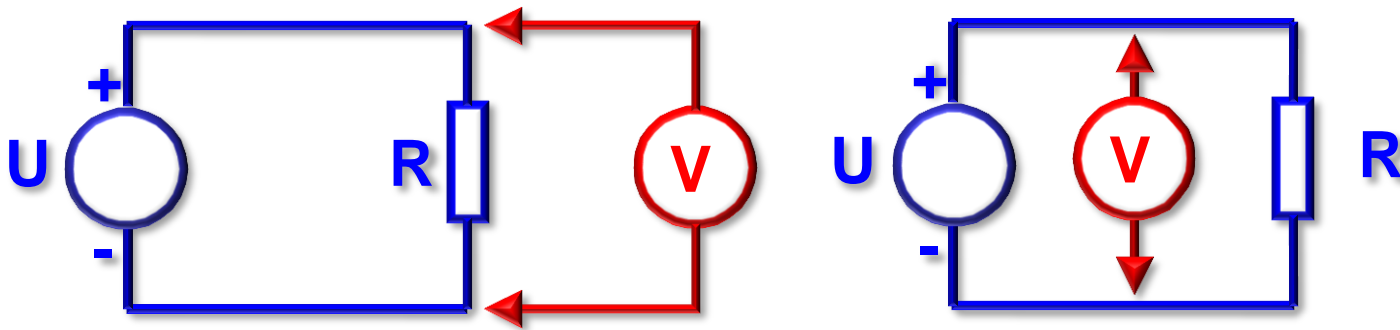
A tensão alternada muda a sua polaridade no tempo.

O VOLTÍMETRO



- O voltímetro mede a tensão elétrica.
- O valor lido é 12 V.

O VOLTÍMETRO



- O voltímetro conecta-se em paralelo à carga.
- O voltímetro tem uma resistência muito elevada.

O VOLTÍMETRO



- 1º Selecione o tipo de tensão (CA ou CC).
- 2º Escolha a escala apropriada.
- 3º Conecte as pontas de medição.

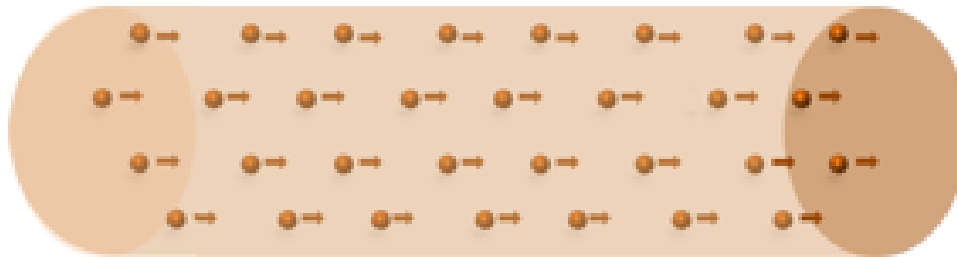
4º Insira o voltímetro em paralelo.

5º Realize a leitura.



INTENSIDADE DE CORRENTE ELÉTRICA

Definimos a intensidade de corrente elétrica como o fluxo de elétrons que circula por segundo por meio de uma seção do condutor.



INTENSIDADE DE CORRENTE ELÉTRICA

- A tensão causa a corrente.
- É o movimento ordenado de elétrons.
- É a velocidade com que se deslocam as cargas.
- Símbolo da corrente = I

UNIDADE DA CORRENTE

- A unidade da corrente é o ampère.
- Símbolo do ampère = A

Múltiplo do ampère:

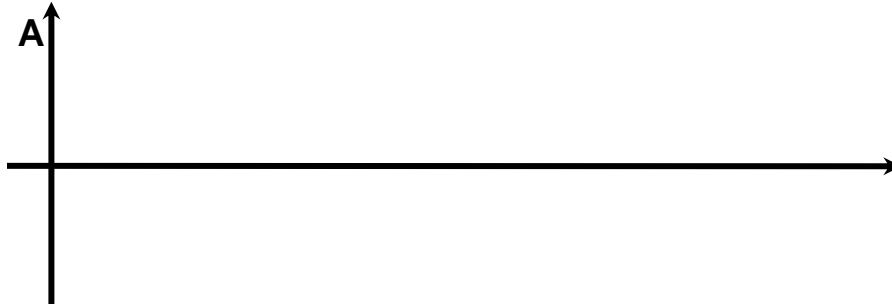
- quiloampère (kA)
- $1 \text{ kA} = 1\,000 \text{ A}$

Submúltiplo do ampère:

- miliampère (mA)
- $1 \text{ A} = 1\,000 \text{ mA}$

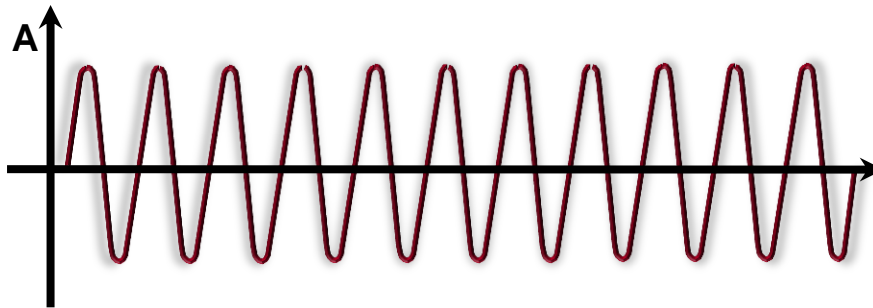
TIPOS DE CORRENTE ELÉTRICA

Corrente contínua (CC):



- A corrente contínua mantém a sua polaridade no tempo.

Corrente alternada (CA):



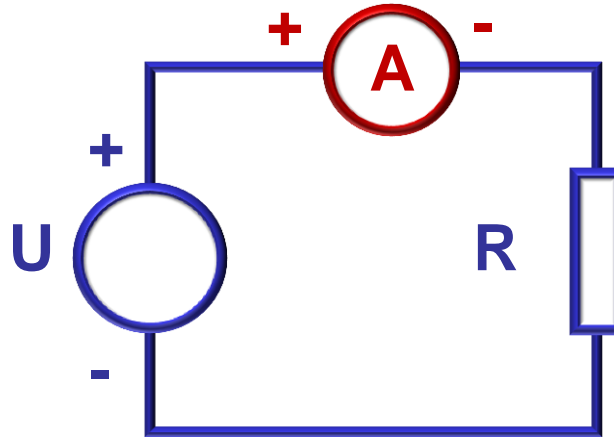
- A corrente alternada muda a sua polaridade no tempo.

O AMPERÍMETRO



- O amperímetro mede a corrente elétrica.
- O valor lido é 0,5 A.

O AMPERÍMETRO



- O amperímetro se conecta em série à carga.
- O amperímetro tem uma resistência interna muito pequena.

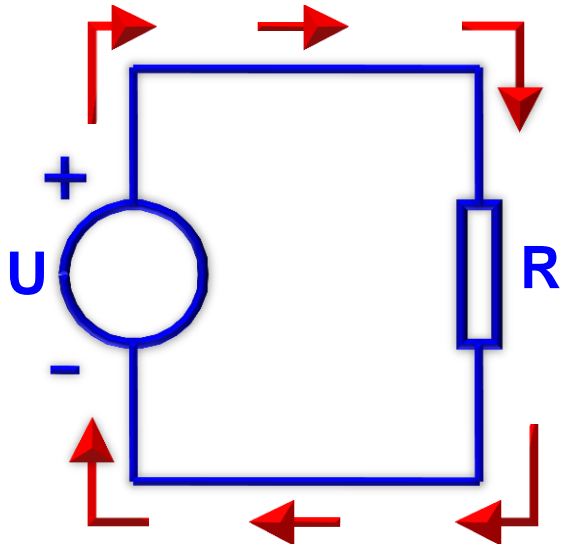
O AMPERÍMETRO



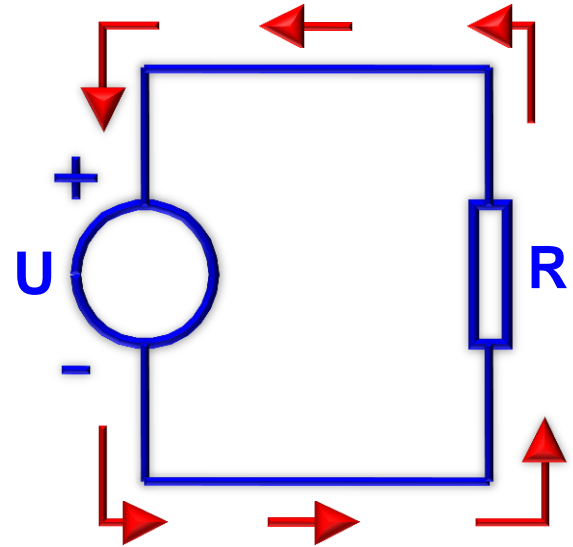
Bateria de tensão contínua Amperímetro Lâmpada de 6 W fonte de tensão alternada regulável amperímetro banco de resistências de laboratório

1. Selecione o tipo de corrente (CA ou CC).
2. Escolha a escala apropriada ou a mais elevada.
3. Conecte as pontas de medição.
4. Insira o amperímetro em série com a carga.
5. Faça a leitura.

SENTIDO DA CORRENTE



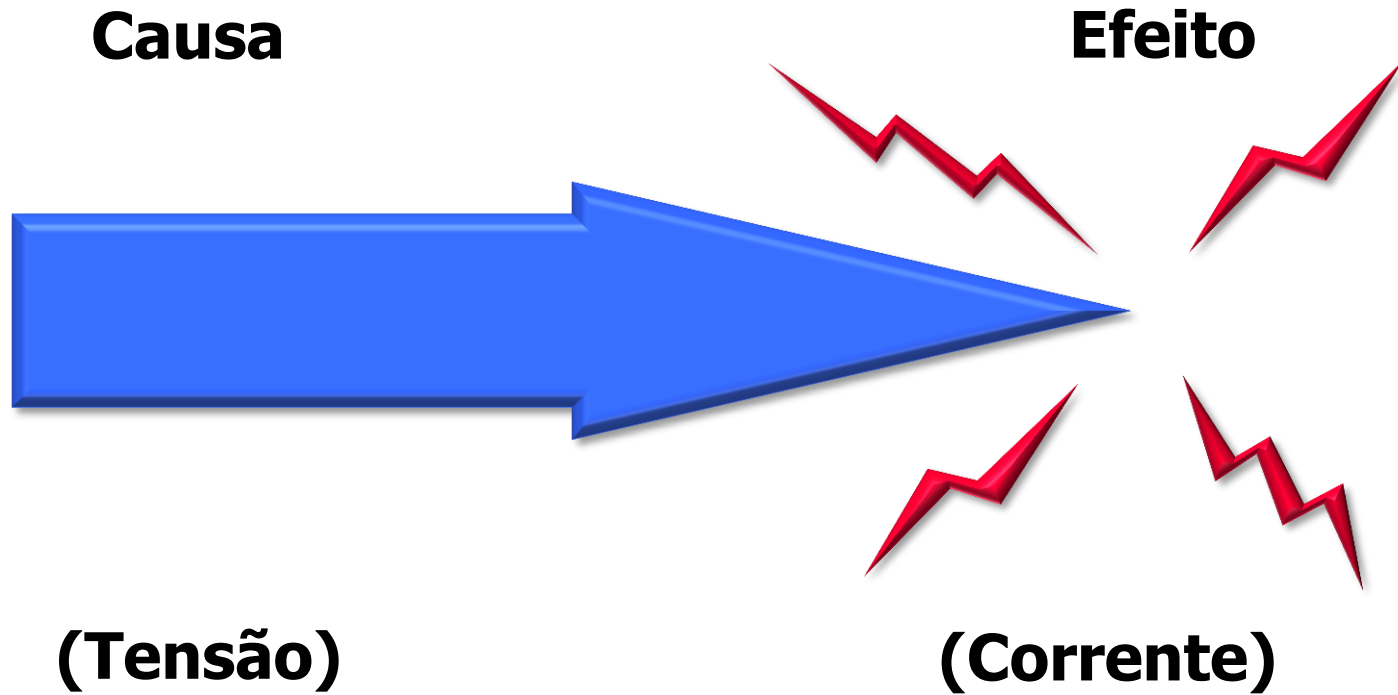
a) Sentido convencional



b) Sentido real

De agora em diante tomar-se-á o sentido convencional.

CAUSA E EFEITO



RESISTIVIDADE

- A resistividade de um condutor ou a resistência elétrica específica é uma característica própria de cada elemento ou material.
- A resistividade define-se como a resistência de um condutor de 1 m de comprimento e 1 m² de seção a uma dada temperatura.
- O símbolo: letra grega rho “ ρ ”.
- A unidade é a seguinte: $\Omega \times \text{mm}^2 / \text{m}$

RESISTIVIDADE

- Para a resistividade do solo utiliza-se em: $\Omega \text{ m}$.
- A resistividade é importante para saber quais materiais nos oferecerão uma maior ou menor resistência à passagem da corrente elétrica.

Material	Alumínio	Cobre	Prata	Carvão
$\Omega \text{ mm}^2/\text{m}$	0,0278	0,0178	0,0167	65

(Resistividades a 20 ° C)

RESISTIVIDADE

- Com a resistividade também podemos comparar quais solos são os adequados para realizar um aterramento.

NATUREZA DO SOLO	Valor médio da resistividade em Ω m
Terrenos cultiváveis e férteis, terraplenagens compactas e úmidas.	50
Terrenos cultiváveis pouco férteis, terraplenagens.	500
Solos pedregosos nus, areias secas impermeáveis.	3 000

RESISTÊNCIA ELÉTRICA

- É a oposição exercida pelos materiais à passagem da corrente.
- Símbolo da resistência = R
- A unidade da resistência é ohm.
- Símbolo da unidade = Ω
- A resistência de um condutor depende do material, do seu comprimento e seção.

UNIDADE DA RESISTÊNCIA

Múltiplos do ohm:

- quiloohm ($\text{k}\Omega$)
- $1 \text{ k}\Omega = 1\,000 \Omega$
- megohm ($\text{M}\Omega$)
- $1 \text{ M}\Omega = 1\,000\,000 \Omega$

Submúltiplo do ohm:

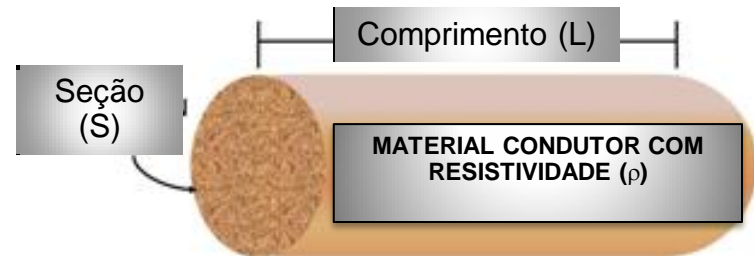
- miliohm ($\text{m}\Omega$)
- $1 \Omega = 1\,000 \text{ m}\Omega$

FÓRMULA DA RESISTÊNCIA

A resistência de um condutor depende do material, comprimento e seção.

Segundo a Lei de Pouillet:

$$R = \frac{\rho \cdot L}{S}$$



Onde:

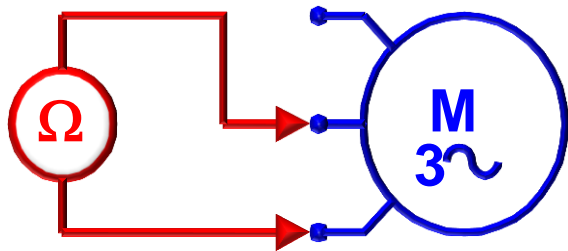
- R = resistência (Ω)
- ρ = resistividade ($\Omega \times \text{mm}^2 / \text{m}$)
- L = comprimento (m)
- S = seção transversal (mm^2)

O OHMÍMETRO



- O ohmímetro mede a resistência elétrica.
- O ohmímetro conecta-se diretamente aos bornes do resistor ou carga.
- Nunca deve ser medida a resistência de um dispositivo ou resistor energizado.

O OHMÍMETRO



1. Selecione a função ohmímetro.
2. Escolha a escala apropriada.
3. Conecte as pontas de medição.
4. Assegure-se de que o resistor a medir esteja sem energia.
5. Insira o ohmímetro diretamente na carga.
6. Faça a leitura

TESTE DE CONTINUIDADE

- Com um ohmímetro podemos determinar se um dispositivo, aparelho ou máquina elétrica se encontra em curto-circuito e pode originar uma falha no sistema elétrico.
- Este teste é conhecido como “teste de continuidade”.



Previamente, desconecte os condutores que estão conectados ao interruptor.

RESISTÊNCIA DE ISOLAMENTO

- Toda massa ou carcaça condutiva de aparelho, máquina ou instalação elétrica deve estar isolada da parte ativa onde circula a corrente elétrica.
- Com o passar do tempo, este nível de isolamento vai deteriorando até que a massa ou carcaça dos equipamentos se energizem, originando um perigo para as pessoas e os equipamentos em si.

RESISTÊNCIA DE ISOLAMENTO

- Deve-se medir a resistência de isolamento das instalações e equipamentos a fim de avaliar o seu estado e tomar as ações corretivas. Para tanto utiliza-se o megohmetro.
- O megohmetro pode aplicar 500, 1000 ou 2000 VCC a um circuito e mostrar a leitura da resistência de isolamento.



RESISTÊNCIA DE ISOLAMENTO

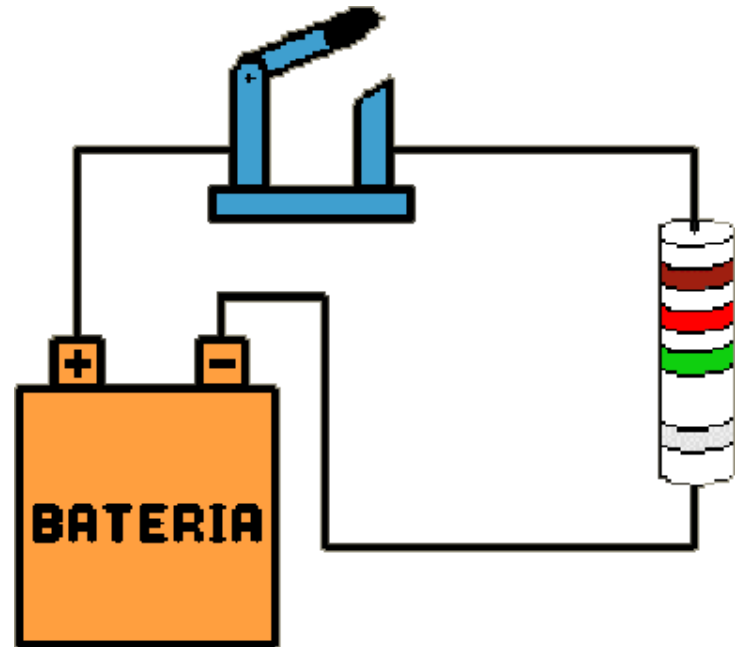
Medição da resistência de isolamento

Conforme tabela 60 da NBR 5410:2004, a resistência de isolamento entre todo condutor vivo da instalação elétrica, com relação à terra, não deve ser inferior a 0,5 Megohm ($0,5 \text{ M}\Omega$).



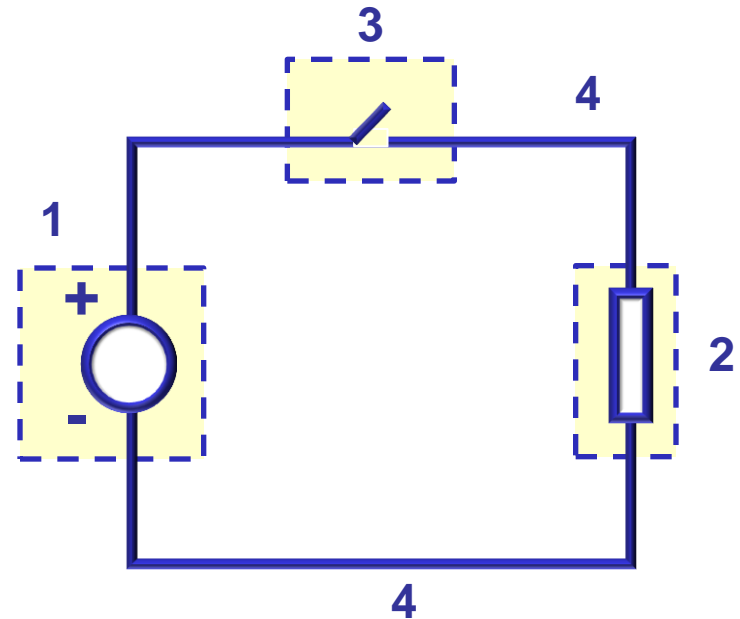
CIRCUITO ELÉTRICO

Conjunto de elementos e condutores que formam um caminho fechado (malha) pelo qual circula uma corrente eléctrica.



ELEMENTOS

1. Fonte de tensão
Entrega energia.
2. Carga
Consome energia.
3. Interruptor
Abre ou fecha o circuito.
4. Condutor
Transporta a energia.



GRANDEZAS

- **FORÇA ELETROMOTRIZ (U)**

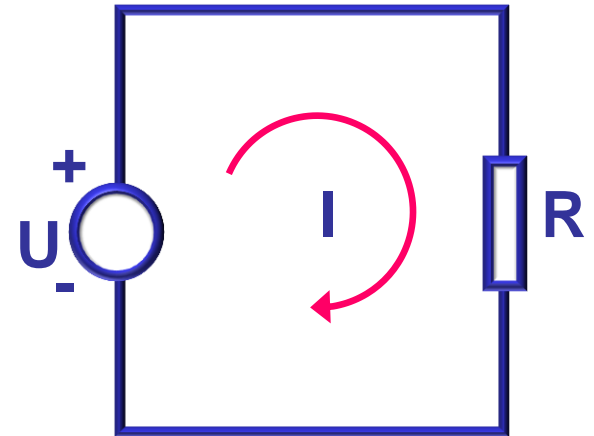
É a pressão que move os elétrons.

- **CORRENTE ELÉTRICA (I)**

É o movimento dos elétrons.

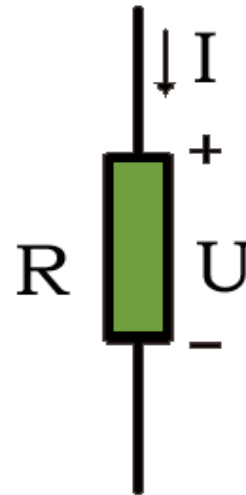
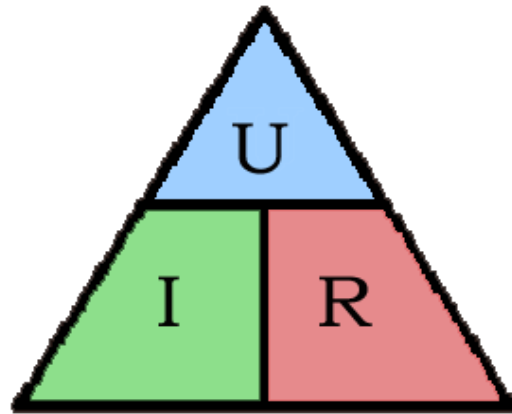
- **RESISTÊNCIA ELÉTRICA (R)**

É a oposição à passagem de corrente.

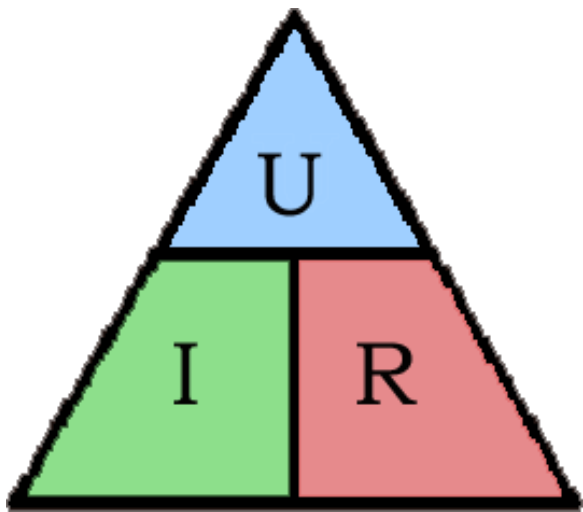


LEI DE OHM

"A intensidade da corrente elétrica é diretamente proporcional à tensão aplicada e inversamente proporcional à resistência oferecida pelo condutor."



LEI DE OHM



$$I = \frac{U}{R}$$

$$U = I \cdot R$$

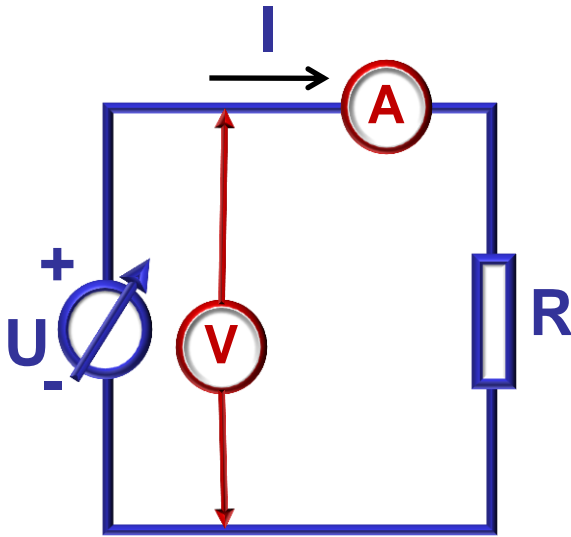
$$R = \frac{U}{I}$$

U: volt (V)

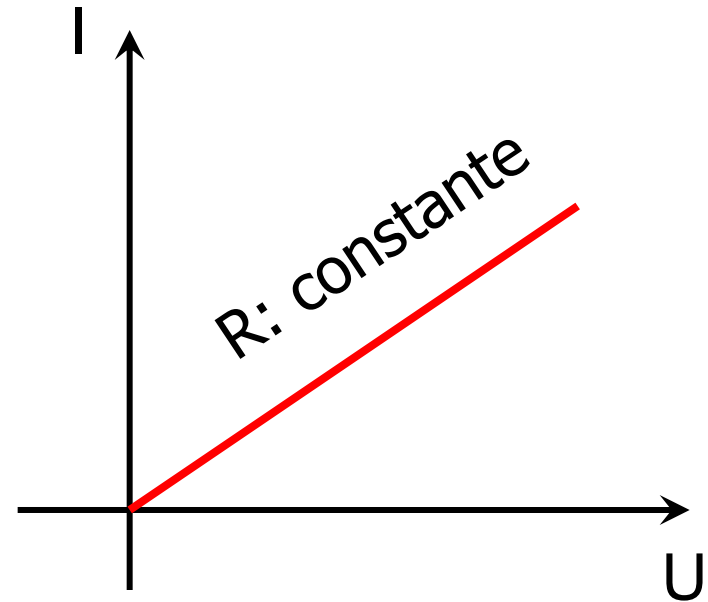
I : ampère (A)

R : ohm (Ω)

CORRENTE versus TENSÃO

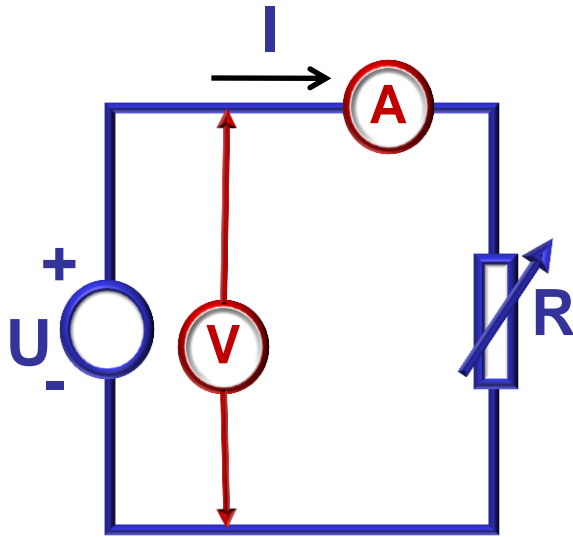


R : constante

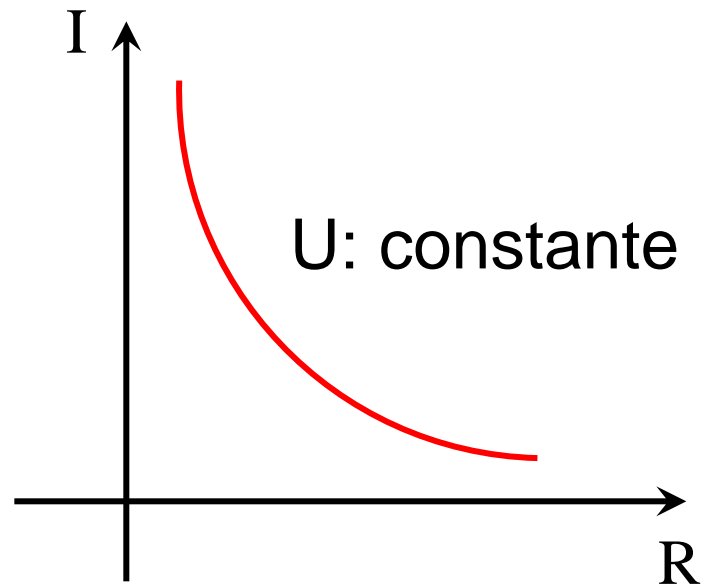


$$I \propto U$$

GRÁFICOS



U : constante



$$I \propto \frac{1}{R}$$

POTÊNCIA, ENERGIA e EFICIÊNCIA

Potência, energia e eficiência são conceitos que utilizamos frequentemente em casa, no escritório, na fábrica, etc.; por isso, é importante conhecer as suas definições e características.

POTÊNCIA

- É a rapidez com que é realizado um trabalho.
- É a quantidade de energia absorvida ou de trabalho realizado na unidade de tempo.
- Símbolo da potência = P

UNIDADE DA POTÊNCIA

- A unidade da potência é o watt.
- Símbolo do watt = W

Múltiplo do watt:

- quiliowatt (kW)
- $1 \text{ kW} = 1\,000 \text{ W}$

Submúltiplo do watt:

- miliwatt (mW)
- $1 \text{ W} = 1\,000 \text{ mW}$

HORSE POWER

- Uma antiga unidade de potência é o Horse Power.
- Símbolo do Horse Power= HP

Conversão:
1 HP = 746 W

FÓRMULAS DE POTÊNCIA

$$P = U \times I$$

$$P = I^2 \times R$$

$$P = U^2 / R$$

$$**P = U \times I = I^2 \times R = U^2 / R**$$

O WATTÍMETRO



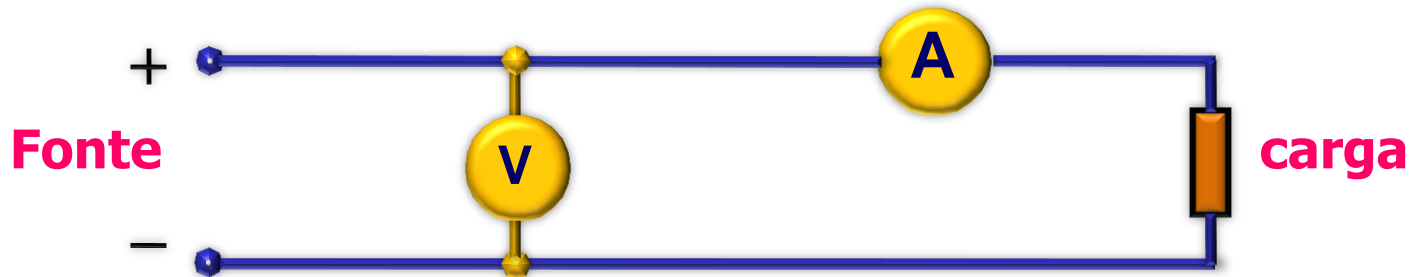
- O wattímetro mede a potência elétrica.
- O wattímetro de laboratório tem dois bornes amperimétricos e dois bornes voltimétricos.

CONEXÃO DO WATTÍMETRO



- Bornes amperimétricos (em série com a carga)
- Bornes voltmétricos (em paralelo com a carga)

MEDIÇÃO INDIRETA

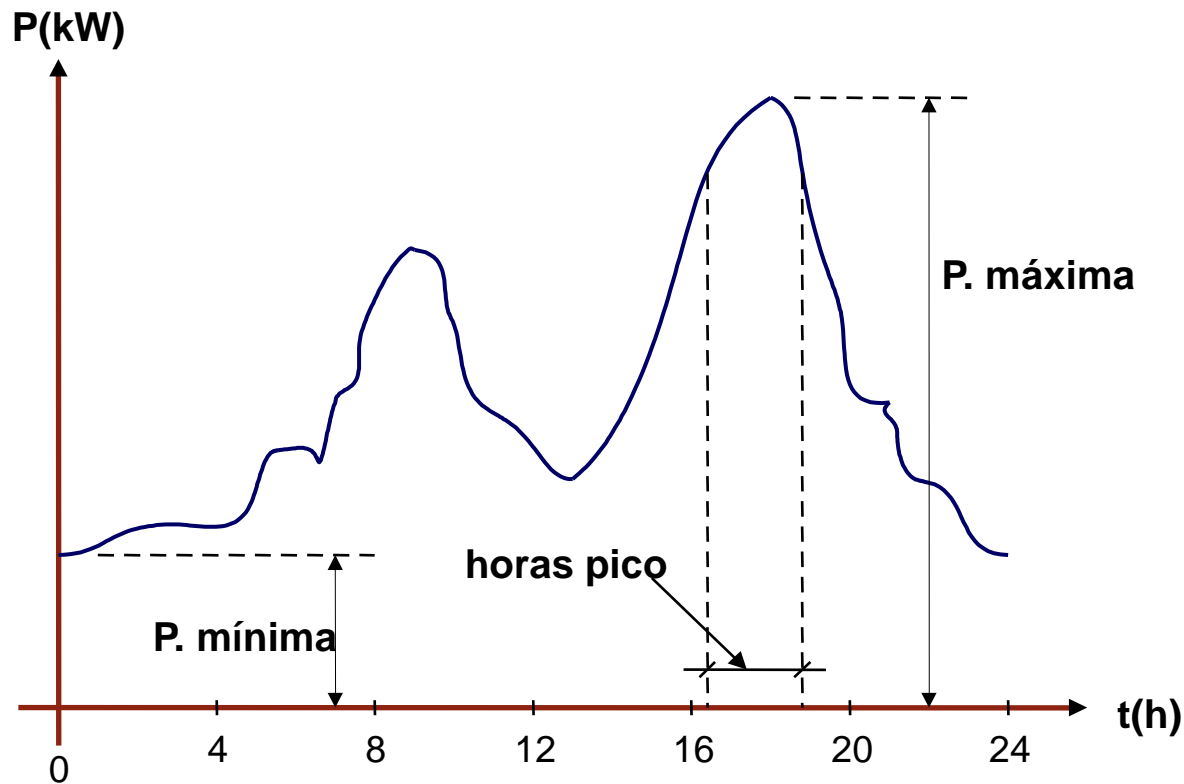


- O amperímetro em série com a carga.
- O voltímetro em paralelo com a carga.
- A potência que consome a carga é o produto da leitura do voltímetro pela leitura do amperímetro.

$$P = U \times I.$$

DIAGRAMA DE CARGA

Nas horas de pico se consome maior potência.



ENERGIA

- É tudo aquilo que é capaz de realizar um trabalho.
- Capacidade que possui a matéria para produzir calor e trabalho.
- Símbolo da energia = E



UNIDADES DA ENERGIA

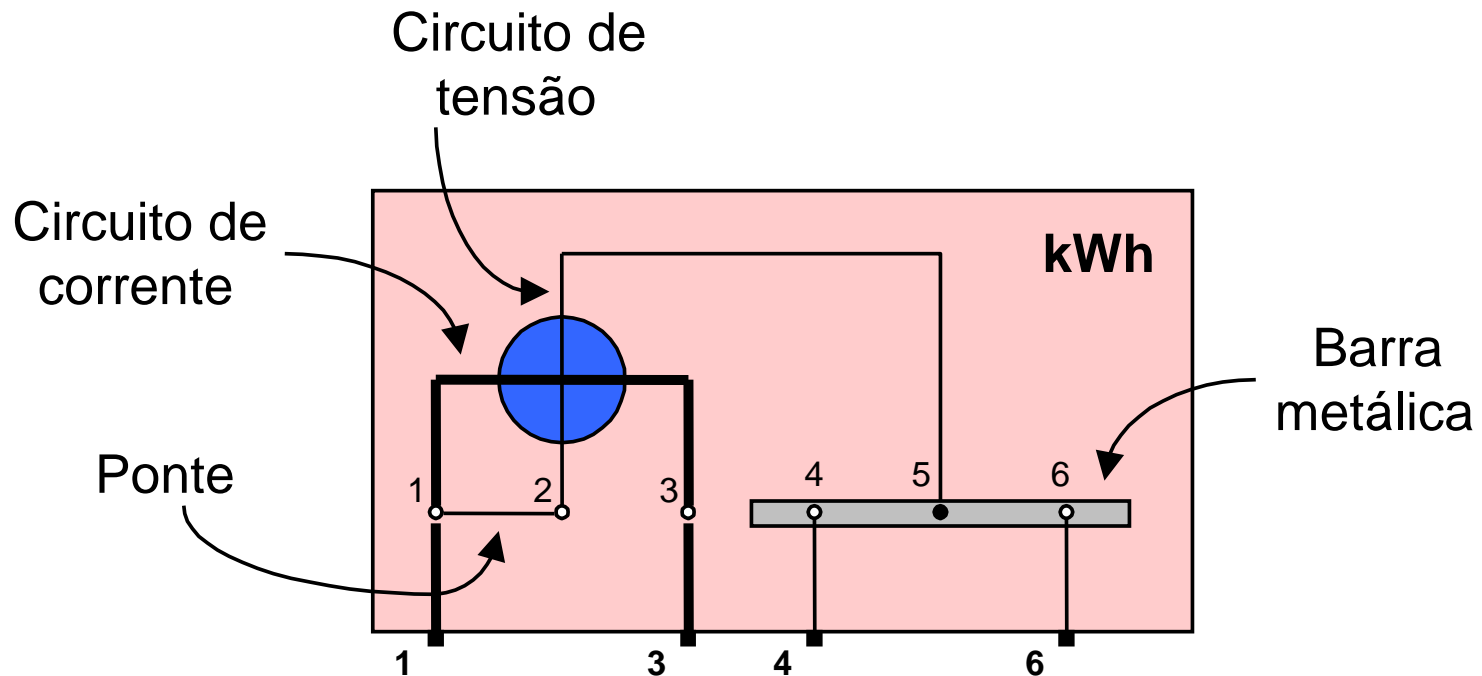
- Unidade internacional da energia = joule (J)
- Unidade prática da energia = quilowatt-hora
- Símbolo do quilowatt-hora = kWh

Conversão:

$$1 \text{ kWh} = 3,6 \times 10^6 \text{ J}$$

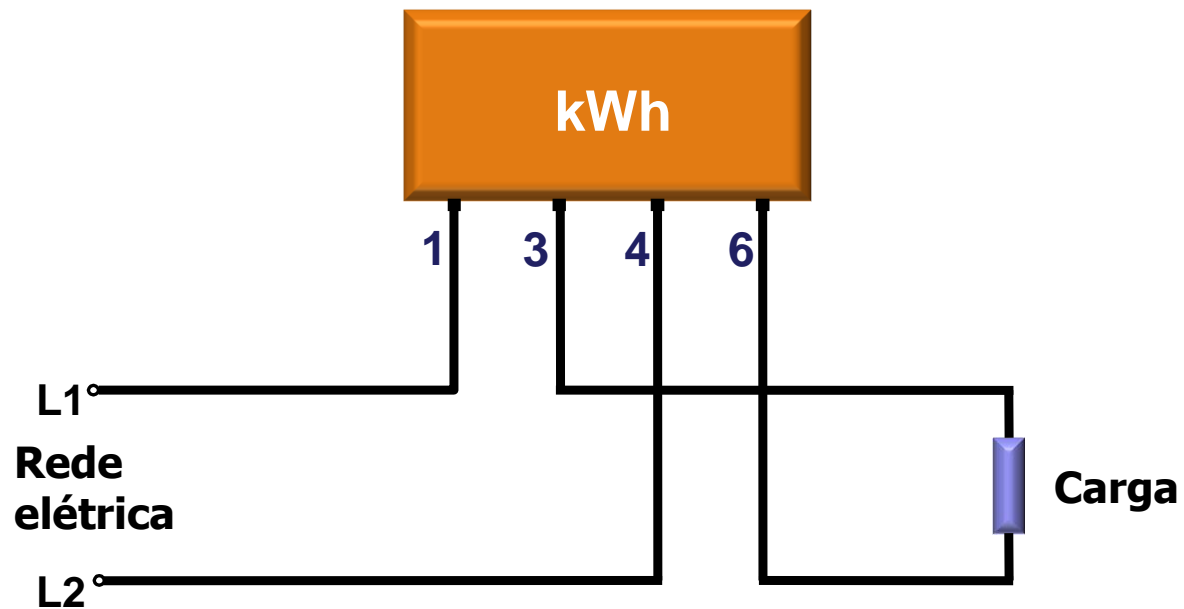
MEDIDOR DE ENERGIA

(Esquema)



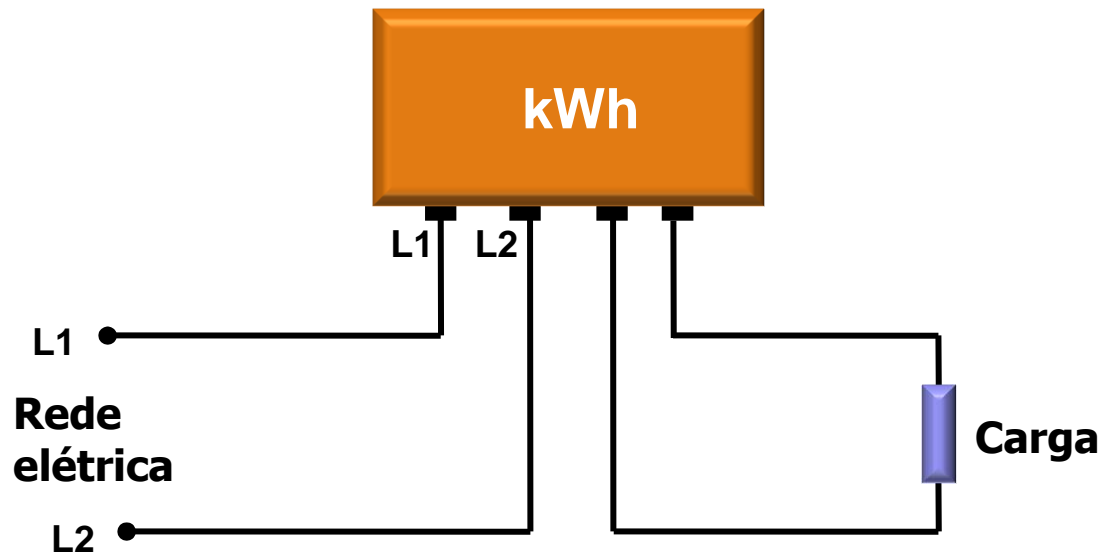
CONEXÃO DO MEDIDOR

Tipo de medidor 1



CONEXÃO DO MEDIDOR

Tipo de medidor 2



CONSERVAÇÃO DA ENERGIA

“A ENERGIA NÃO É CRIADA NEM DESTRUÍDA, SOMENTE SE TRANSFORMA”.

“EM TODO PROCESSO DE TRANSFORMAÇÃO SEMPRE APARECE ENERGIA TÉRMICA (perdas)”.



EFICIÊNCIA

- É a relação entre o obtido e o utilizado.
- Símbolo da eficiência = η

EFICIÊNCIA

A eficiência é adimensional, mas podemos expressá-la do seguinte modo:

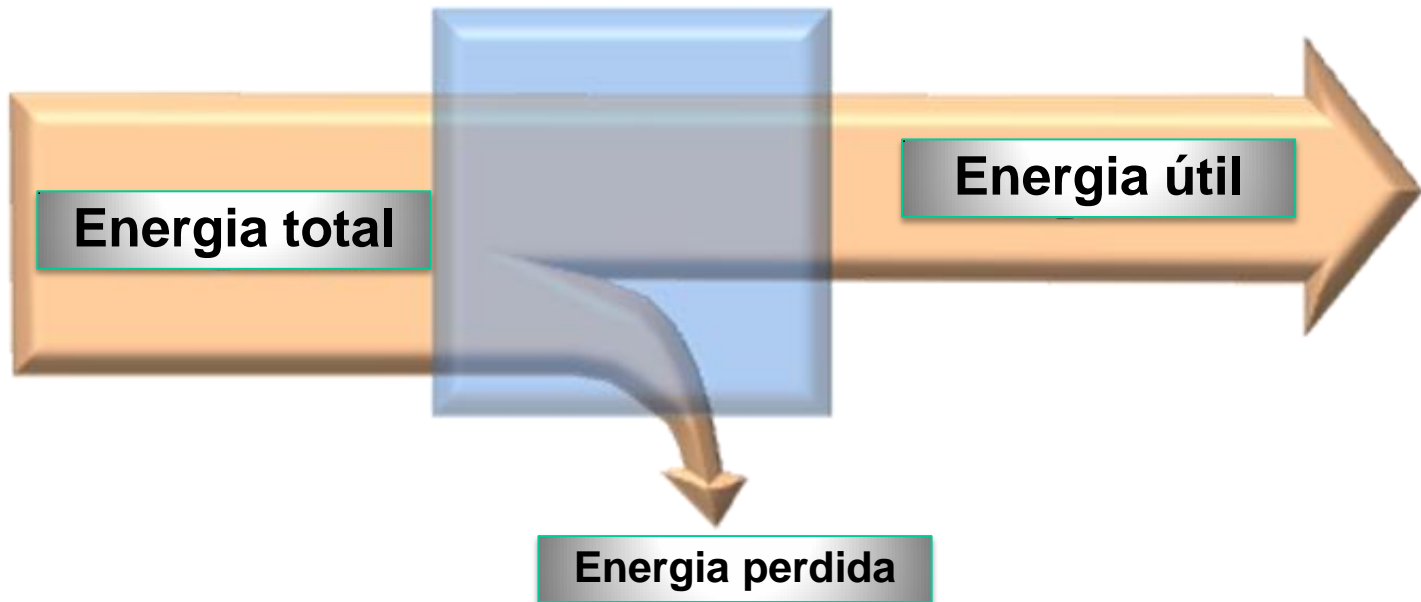
1. Percentualmente:

90% - 75% - 40% - 7%

2. Numericamente:

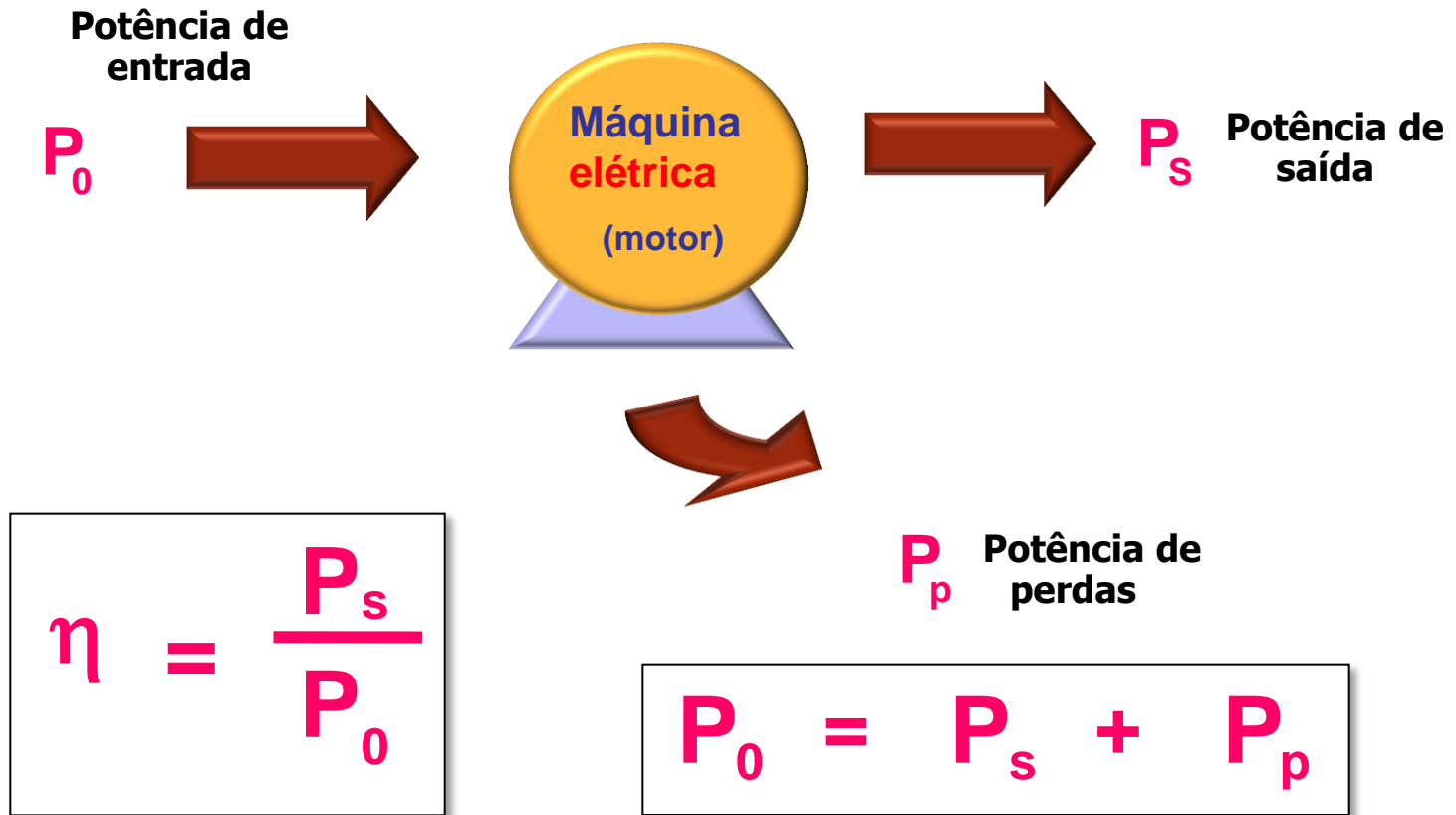
0,90 - 0,75 - 0,40 - 0,07

EFICIÊNCIA E ENERGIA



$$\eta = \frac{\text{Energia útil}}{\text{Energia total}}$$

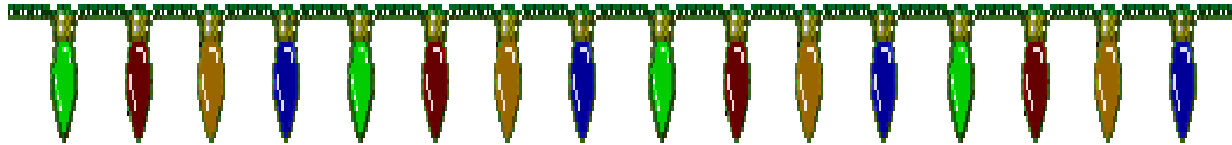
EFICIÊNCIA E POTÊNCIA



LEIS DE KIRCHHOFF

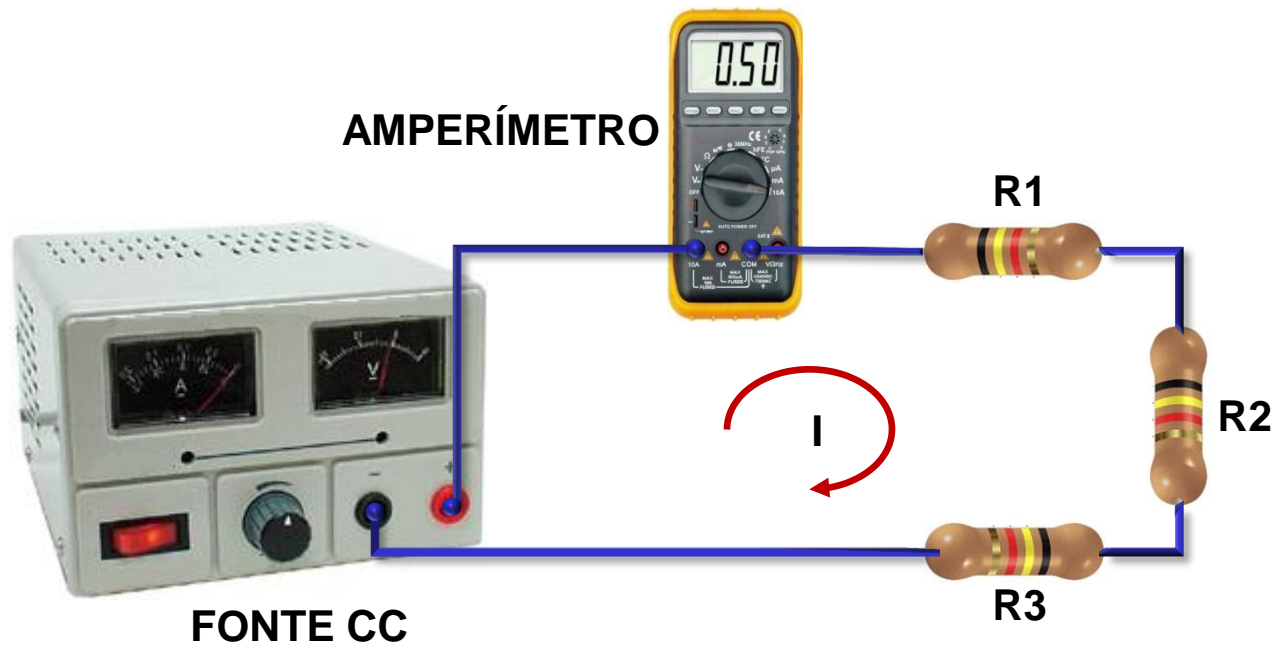
- Lei de Tensões – Segunda Lei de Kirchhoff
- Lei de Correntes – Primeira Lei de Kirchhoff

LIGAÇÃO EM SÉRIE



Nesta ligação as cargas estão colocadas umas após as outras.

LIGAÇÃO EM SÉRIE



Circula a mesma corrente.

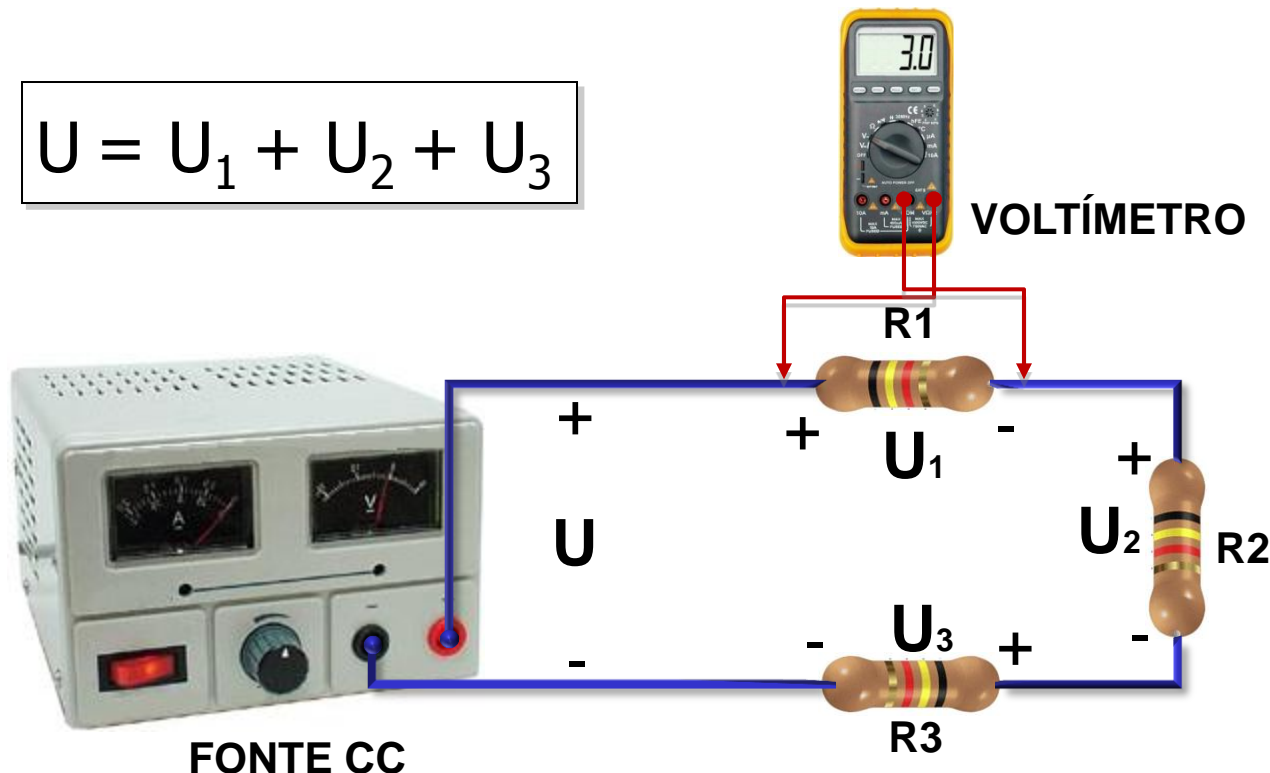
$$I = I_1 = I_2 = I_3$$

LEI DE TENSÕES

Segunda Lei de Kirchhoff

- A tensão total é igual à soma das diferentes tensões em série.

$$U = U_1 + U_2 + U_3$$



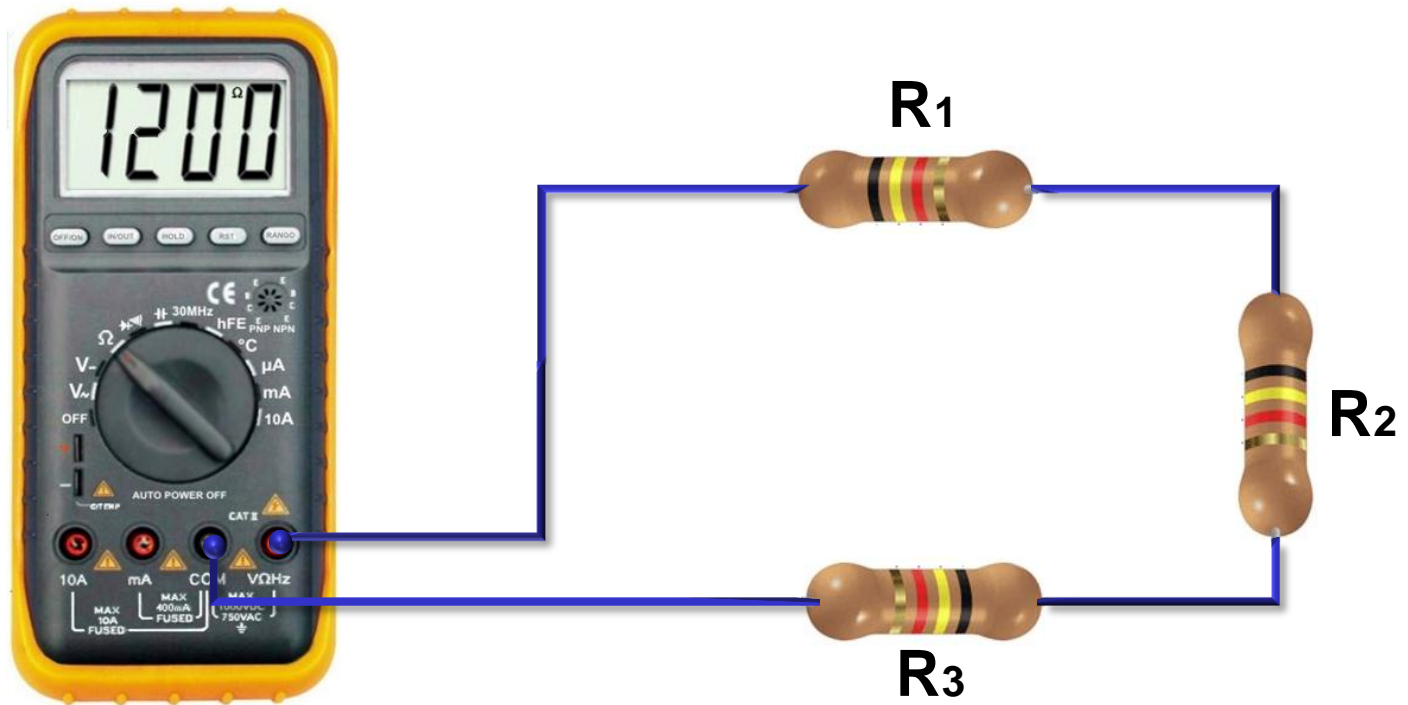
LEI DE TENSÕES

Segunda Lei de Kirchhoff

- Em uma malha (circuito fechado), a tensão que a fonte entrega é igual à soma das quedas de tensão em cada uma das cargas.

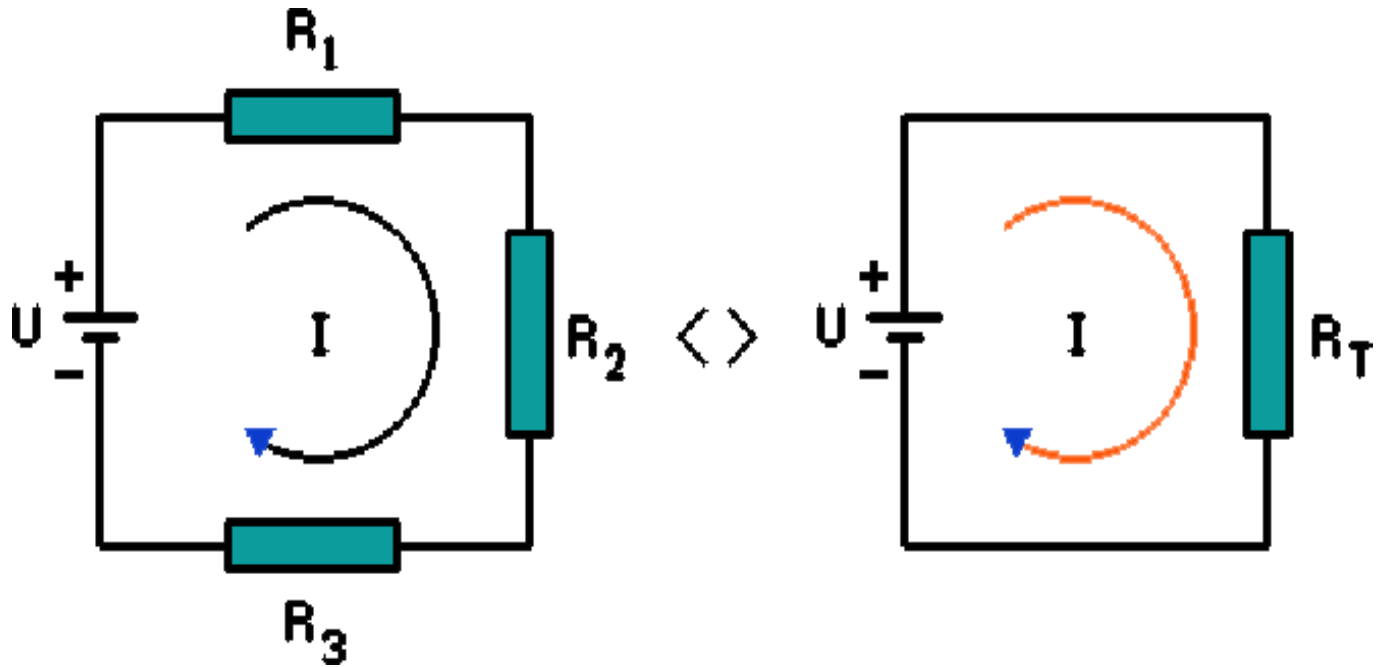
$$U = U_1 + U_2 + U_3 + \dots + U_n$$

RESISTÊNCIA EQUIVALENTE



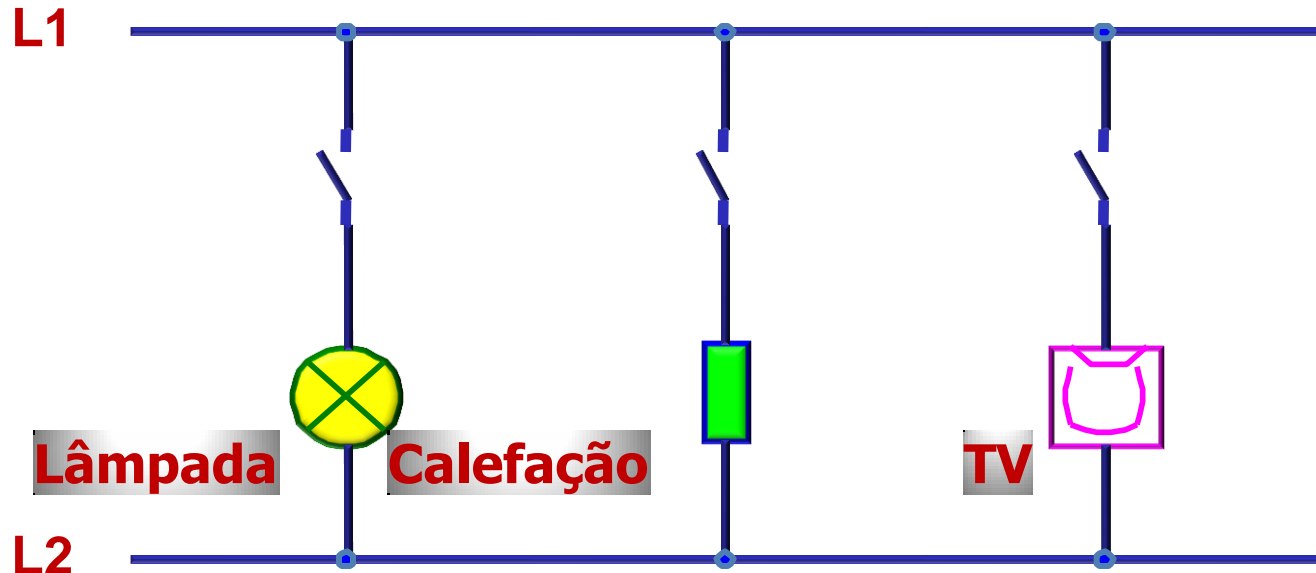
$$R_T = R_1 + R_2 + R_3$$

CIRCUITO EQUIVALENTE



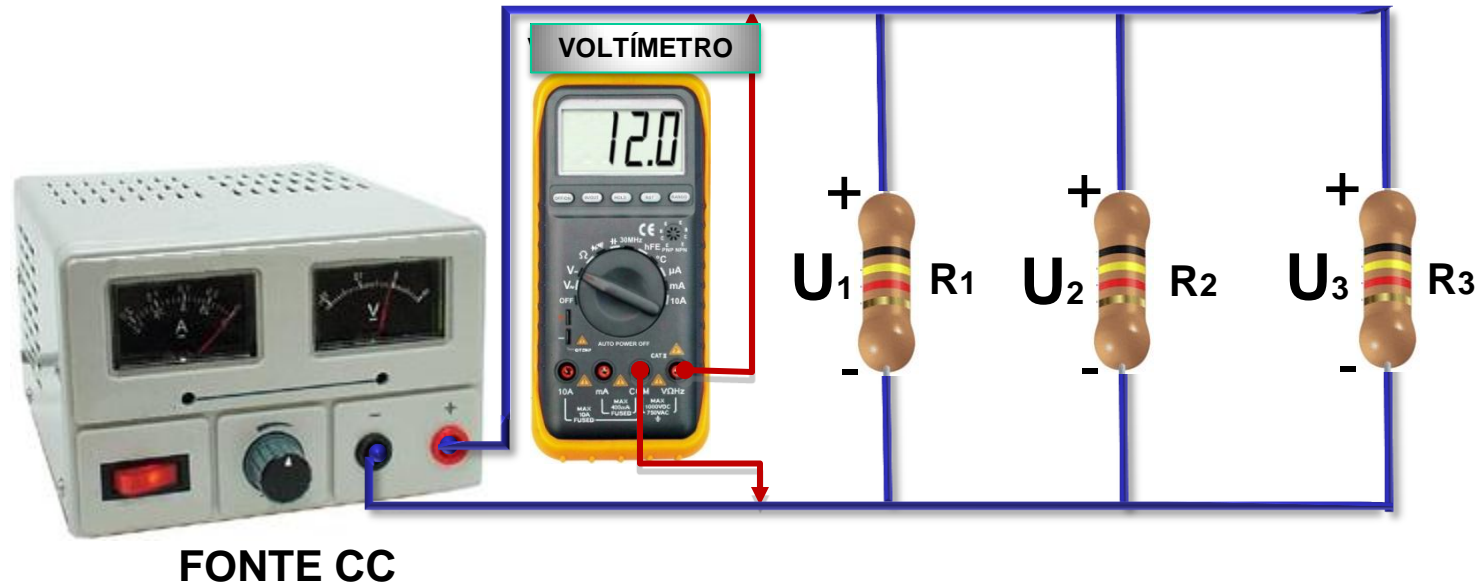
$$U = I \cdot R_T$$

LIGAÇÃO EM PARALELO



- Nesta ligação as cargas podem ser conectadas ou desconectadas quando desejar.

LIGAÇÃO EM PARALELO

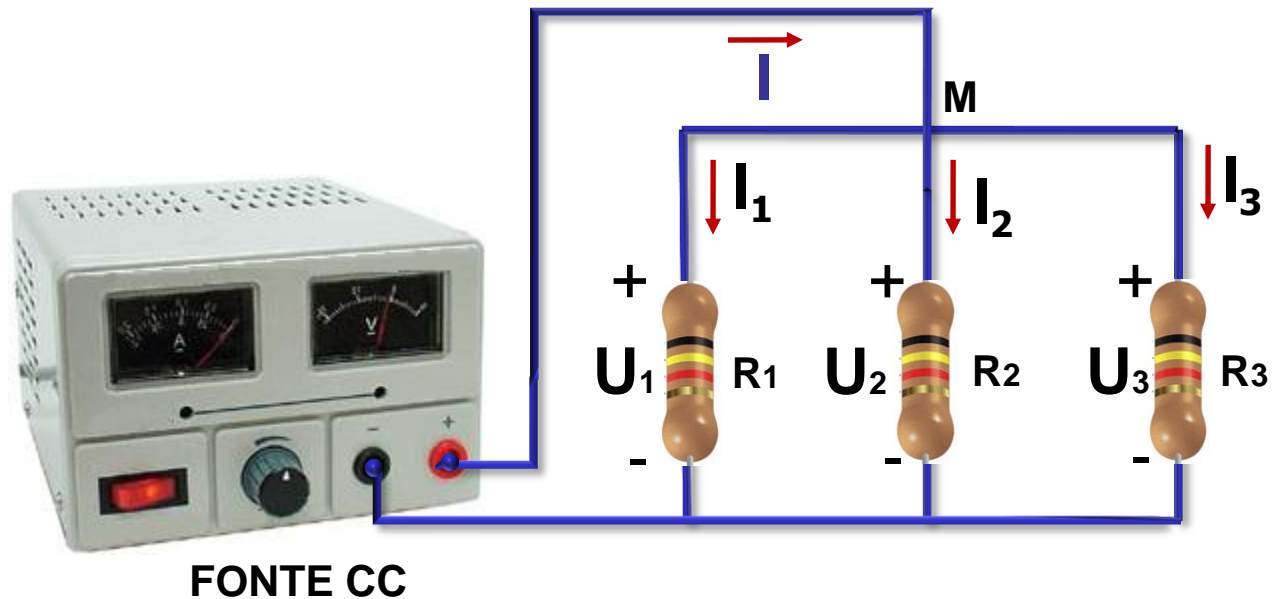


$$U = U_1 = U_2 = U_3$$

Cargas submetidas à mesma tensão

LEI DE CORRENTES

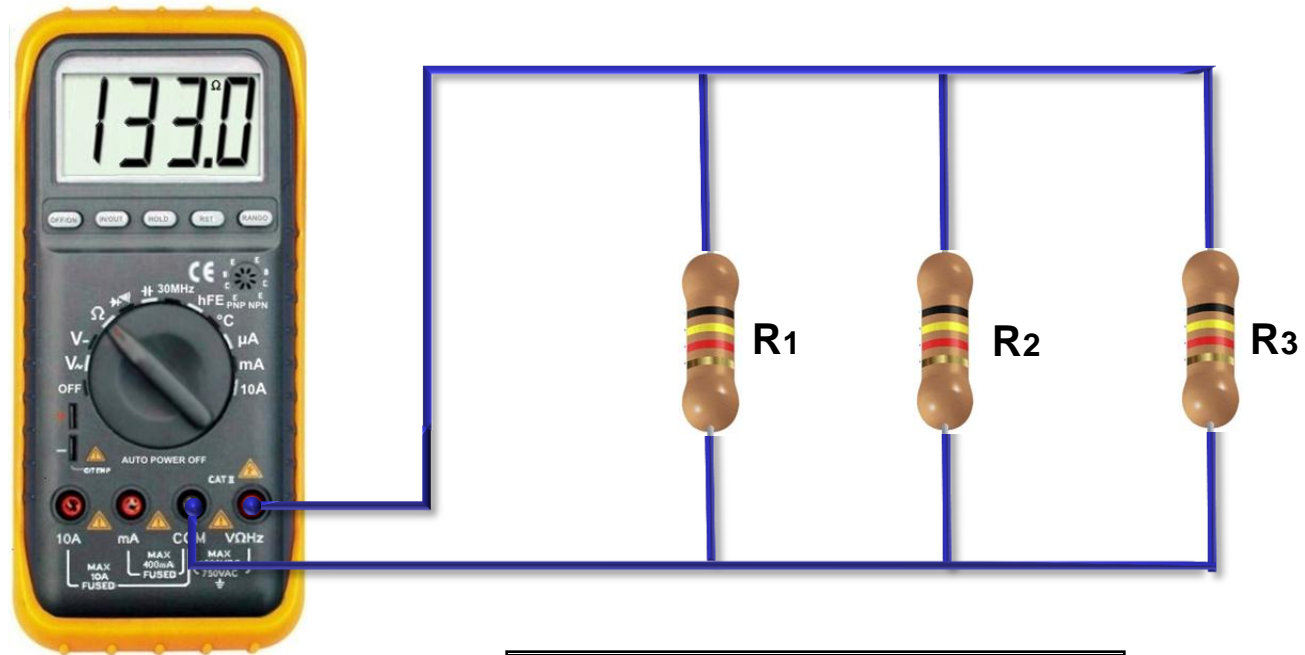
Primeira Lei de Kirchhoff



$$\text{Nó "M": } I = I_1 + I_2 + I_3$$

“A soma das correntes que entram em um nó M é igual à soma das correntes que saem dele”.

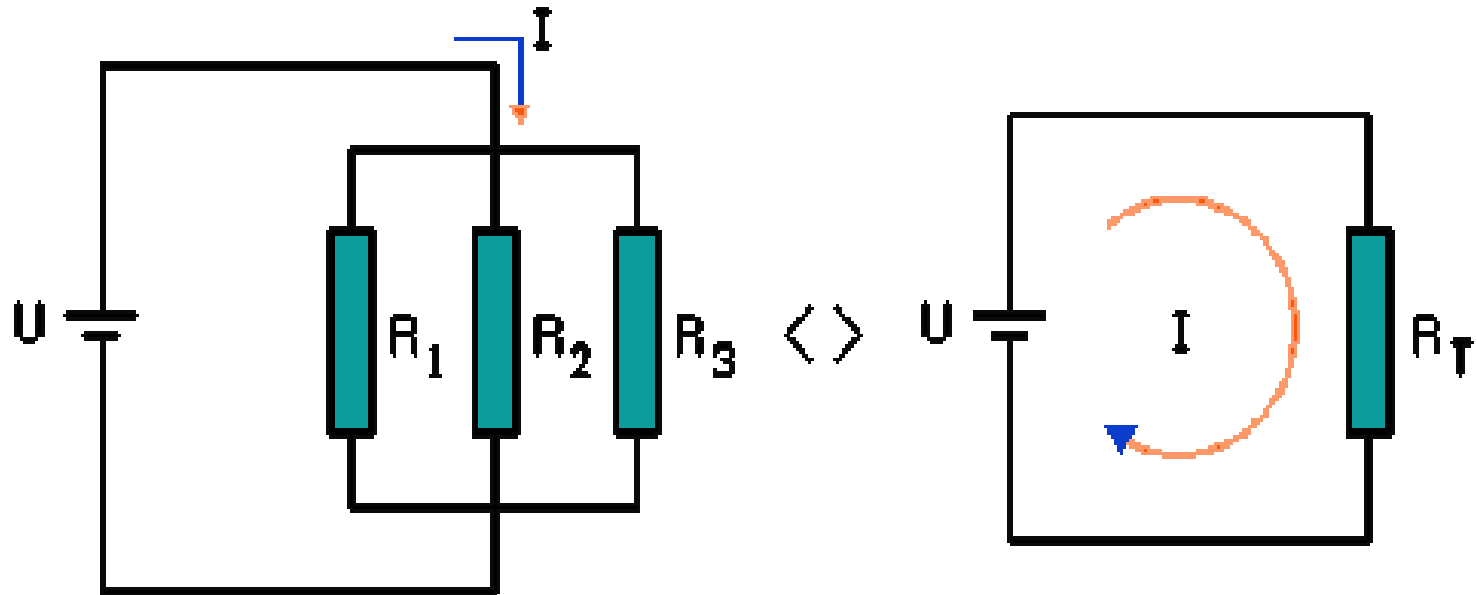
RESISTÊNCIA EQUIVALENTE



OHMÍMETRO

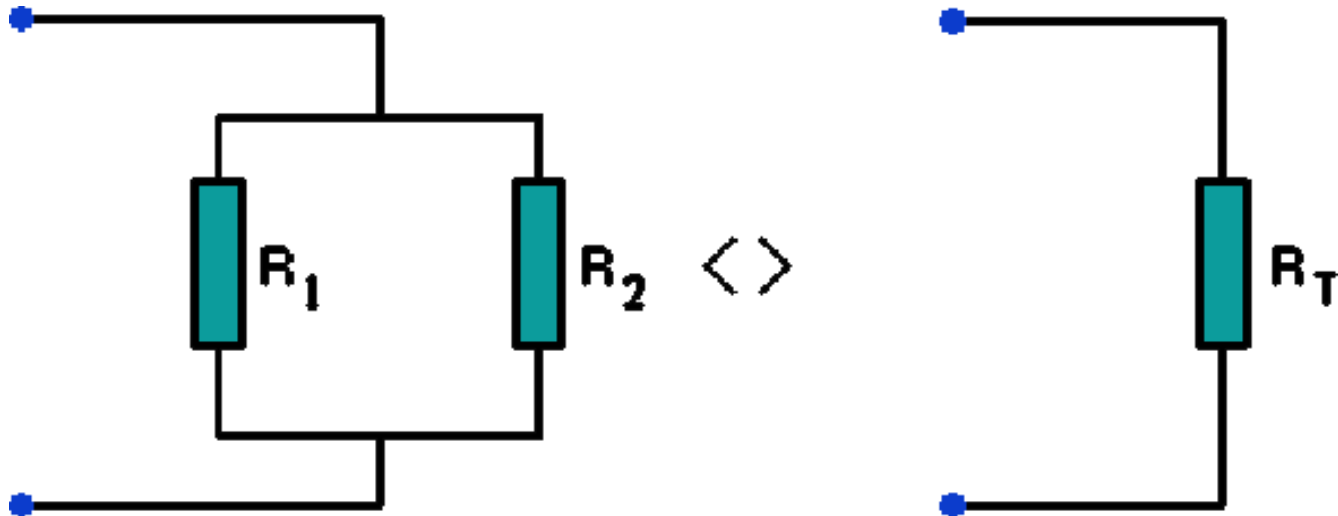
$$\frac{1}{R_T} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3}$$

CIRCUITO EQUIVALENTE



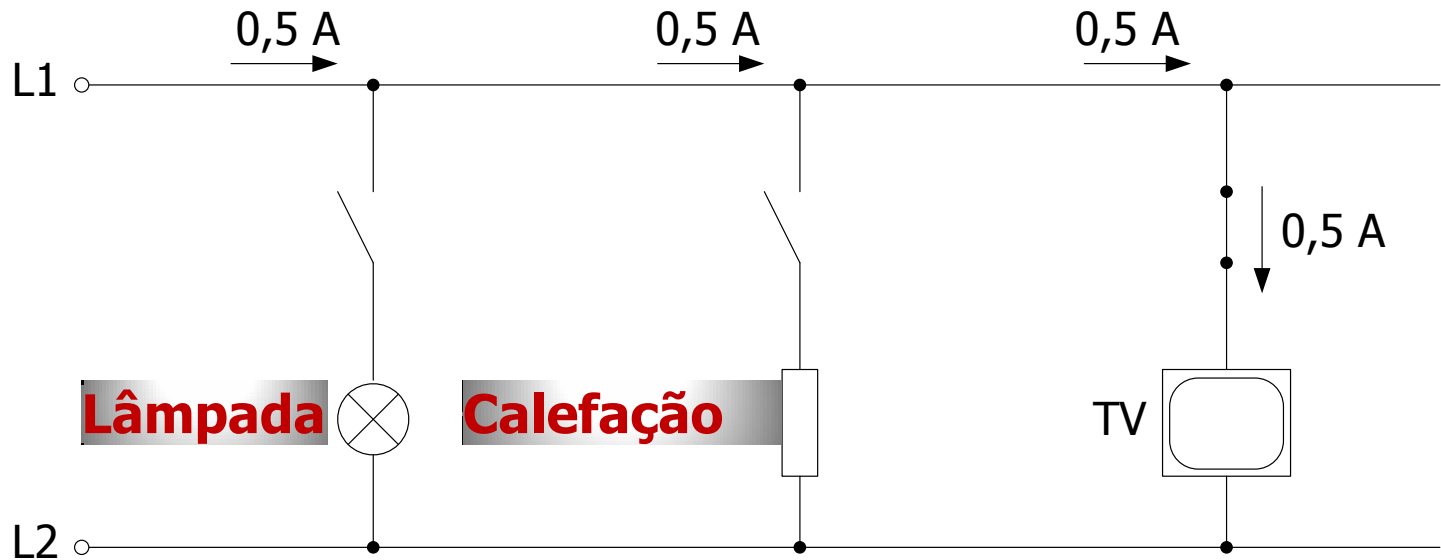
$$U = I \cdot R_T$$

CASO PARTICULAR

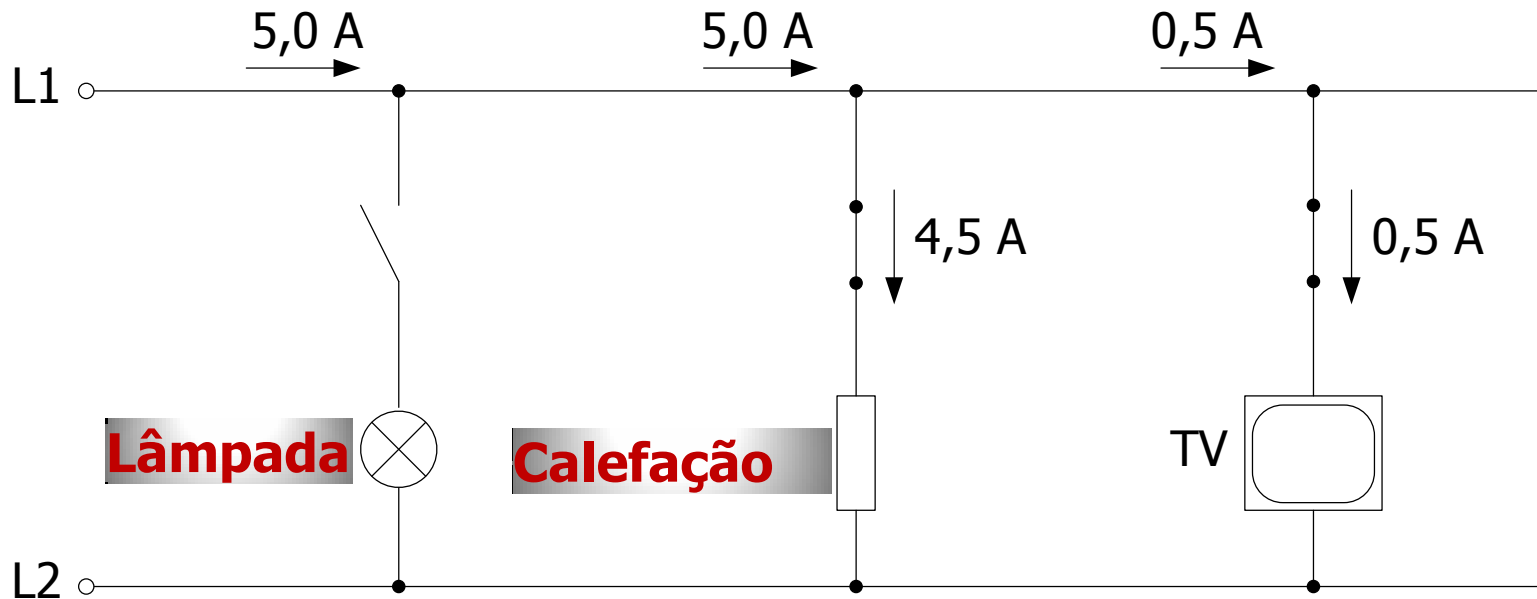


$$R_T = \frac{R_1 \times R_2}{R_1 + R_2}$$

EXEMPLO DE CARGAS EM PARALELO



EXEMPLO DE CARGAS EM PARALELO



EXEMPLO DE CARGAS EM PARALELO

