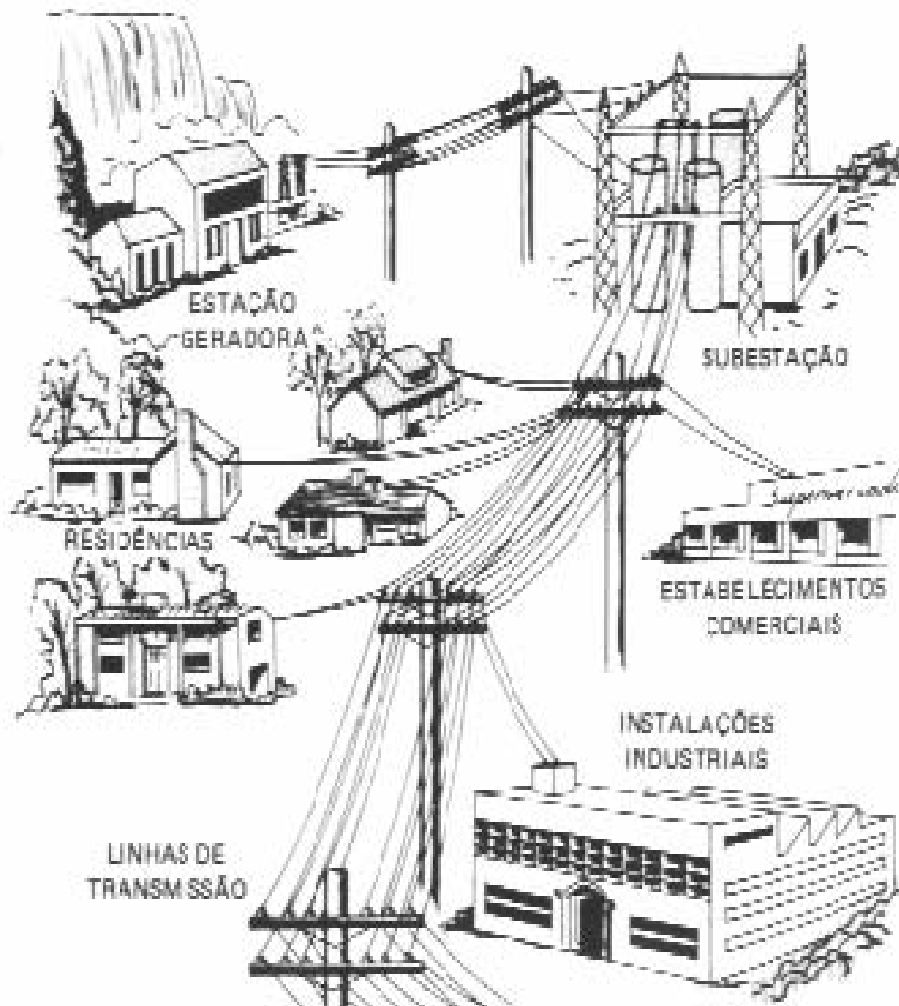


# FUNDAMENTOS DE ELETROELETRÔNICA.

PROF. HAMILTON.  
ELETRICIDADE BÁSICA.  
VOLUME I



## **SUMÁRIO:**

### **Capítulo sobre corrente contínua.**

- 0.0 Conceitos Básicos.**
- 1.0 Sentido da Corrente.**
- 2.0 Resistência Elétrica.**
- 3.0 Materiais Condutores, Isolantes.**
- 4.0 Resistores.**
- 5.0 Resistência Equivalente.**
- 6.0 Lei de Ohm.**
- 7.0 Resistividade.**
- 8.0 Divisor de Tensão e Corrente.**
- 9.0 Circuito Elétrico.**
- 10.0 Circuito Série.**
- 11.0 Circuito Paralelo.**
- 12.0 Potência Elétrica.**
- 13.0 Pilhas e Bateria.**
- 14.0 Instrumentos de Medida.**
- 15.0 Ponte Resistiva .**
- 16.0 Lei de Kirchhoff para Tensão.**
- 17.0 Lei de Kirchhoff para corrente**
- 18.0 Lei dos Nós**
- 19.0 Lei das Malhas**
- 20.0 Tensão Contínua**
- 21.0 Tensão Alternada.**

### **Capítulos sobre corrente alternada**

- 22.0 Materiais Elétricos**
- 23.0 Transformadores.**
- 24.0 Motores.**
- 25.0 Geradores.**
- 26.0 Geração e Distribuição de Energia Elétrica.**
- 27.0 Técnicas de Solda.**
- 28.0 Bibliografia**
- 29.0 Anexos**

# CONCEITOS BÁSICOS

## 1- Matéria e Substância

Matéria é tudo que existe no universo.

A madeira, o vidro, a água são exemplos de matéria. No entanto podemos perceber diferenças nessas matérias:

O vidro é transparente, a madeira não.

A água não tem forma própria.

Essas diferenças ocorrem porque cada tipo particular de matéria é uma substância com características próprias.

## 2- Moléculas e átomos

Molécula é a menor parte que pode existir de uma substância. São partes tão pequenas, que não podem ser vistas mesmo com o auxílio aos microscópios. Pôr exemplo, uma molécula de água é a menor quantidade de água que pode existir.

As moléculas são constituídas de átomos.

O que caracteriza uma molécula é o tipo de átomo, a quantidade deles e o modo como são combinados para constituí-la.

Atualmente são conhecidos 103 tipos diferentes de átomos. Cada tipo recebeu um nome e tem características próprias.

## 3- Prótons, Nêutrons e Elétrons

Durante muito tempo se acreditou que o átomo fosse a menor parte da matéria. Tanto assim que o seu próprio nome( do grego a = sem e tomo = dividir) significa “o que não se pode dividir”. Atualmente, sabe-se que o átomo se compõe de Prótons, Nêutrons e Elétrons.

A estrutura do átomo consiste em um núcleo central, formado pôr dois tipos de partículas simples e indivisíveis: os prótons e os nêutrons. Os prótons têm carga elétrica positiva, e os nêutrons não têm carga.

## CONCEITOS BÁSICOS.

Em volta desse núcleo gira um número variável de partículas de carga elétrica negativa- os elétrons – que realizam milhões de rotações pôr segundo.

O núcleo positivo – prótons – atrai os elementos negativos, impedindo que eles saiam de sua órbita (fig.4)

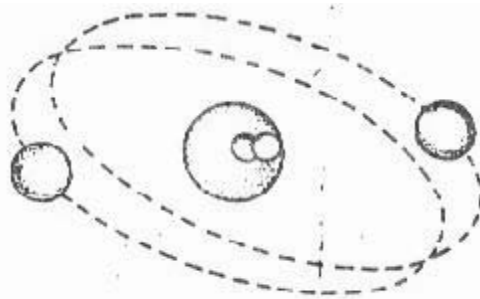


Fig. 4

### Nota

O hidrogênio é o único elemento que tem apenas um próton no núcleo e um elétron em órbita.

- 4- Equilíbrio de cargas elétricas importante saber que, em condições normais, o número

de elétrons em torno de um núcleo é sempre igual ao número de prótons desse núcleo (figs.5,6,7), havendo, portanto, equilíbrio de cargas elétricas.

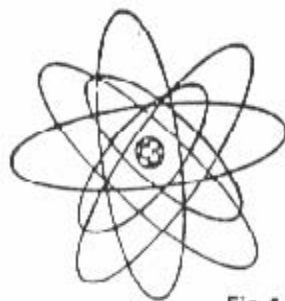


Fig. 5

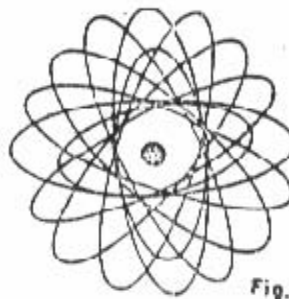


Fig. 6

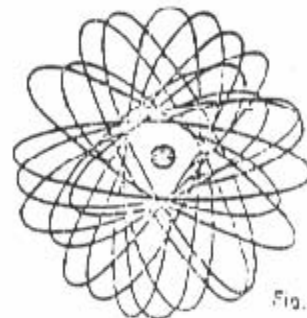


Fig. 7

## CONCEITOS BÁSICOS

É possível, porém, retirar ou acrescentar elétrons aos átomos de um corpo. Quando isso acontece, passa a existir uma diferença de cargas elétricas no átomo. Dizemos, então, que o átomo está eletrizado ou ionizado.

Quando um átomo perde ou recebe elétrons, transforma-se num íon. Se ficar com falta de elétrons, será um íon positivo ou cátion. Se ficar com excesso de elétrons, será um íon negativo ou ânion.

Para esclarecimento, vejamos os seguintes exemplos:

Um átomo de ferro tem 26 prótons e 26 elétrons. Se ele perder 3 elétrons, ficará com 26 prótons (carga positiva) e 23 elétrons (carga negativa) e será um íon positivo ou cátion. Se o átomo de ferro receber 3 elétrons, ficará com 26 prótons (carga positiva) e 29 elétrons (carga negativa) e será íon negativo ou ânion.

5 - Há vários Processos para desequilibrar as cargas elétricas dos átomos de um corpo, criando uma diferença de potencial cuja tensão elétrica será tanto maior quanto maior for a diferença das cargas. No decorrer do curso, analisaremos os processos industriais, porém podemos estudar agora o primeiro processo de que se tem notícia: o de Eletrização Pôr Fricção .

Sabe-se, quando um corpo é friccionado com outro, ambos adquirem cargas elétricas: um pôr perder elétrons e o outro pôr recebê-lo. Podemos constatar esse processo, fazendo a experiência que se segue:

A Cortamos papel fino em partículas do menor tamanho possível.

B Friccionamos o lado de um pente num pedaço de flanela, seda ou lã, sempre no mesmo sentido.

C Aproximamos o pente das partículas de papel.

Conclusão: As partículas de papel são atraídas pelo pente.

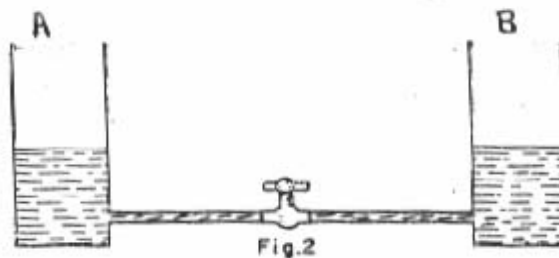
## CONCEITOS BÁSICOS

### 6.0 Tensão Elétrica

Sempre que há uma diferença de potencial (d.d.p.), existe uma tensão tendendo a restabelecer o equilíbrio. Podemos demonstrar isso facilmente, pôr meio de duas vasilhas com água, ligadas pôr um tubo com registro.

Na fig.2, a água das vasilhas está no mesmo nível, não havendo diferença de potencial entre as mesmas.

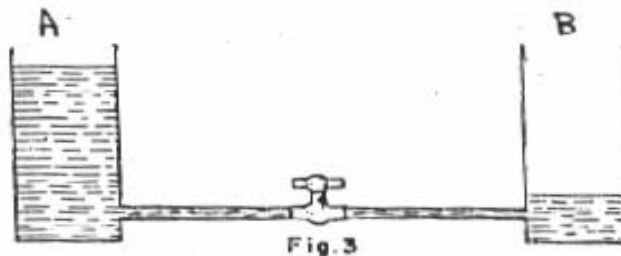
Se abirmos o registro, não haverá fluxo de água de uma para a outra.



Na fig.3, o nível da água na vasilha A é superior ao da vasilha B, existindo uma diferença de potencial entre os

Se abirmos o registro, haverá fluxo de água de A para B, até que a água fique no mesmo nível nas duas vasilhas.

Do exposto podemos verificar que a diferença de potencial hidráulico (da água) provocou uma tensão hidráulica.



Para entendermos a tensão elétrica, é necessário aprendermos alguma coisa sobre Constituição da matéria.

### **7.0 Medida da Tensão Elétrica**

Vimos que sempre se modifica a estrutura dos átomos de um corpo, este fica eletrizado. Se tivermos dois corpos com cargas elétricas diferentes, haverá entre eles uma diferença de potencial (d.d.p.) elétrico, da mesma forma que houve uma diferença de potencial hidráulico no caso das vasilhas. É importante, em todos os campos de aplicação da eletricidade, sabermos o valor da tensão da d.d.p. Para isso, existe uma unidade de medida, que é o Volt, e um instrumento para medi-la, que é o voltímetro.

### **8.0 A Corrente Elétrica**

Quando um átomo está ionizado, sua tendência é voltar ao estado de equilíbrio. Evidentemente, um corpo eletrizado tende a perder sua carga, libertando-se dos elétrons em excesso, ou procurando adquirir os elétrons que lhe faltam. Concluimos, então, que basta unir corpos com cargas elétricas diferentes para que se estabeleça um fluxo de elétrons, que chamamos *CORRENTE ELÉTRICA*.

Para se ter uma idéia exata da grandeza (INTENSIDADE) de uma corrente elétrica, tornou-se necessário estabelecer uma unidade padrão.

Falar em elétrons que passam pôr segundo num condutor é impraticável, pois os números envolvidos nos problemas seriam enormes. A fim de se eliminar esses inconvenientes, fez-se uso de uma unidade de carga elétrica – o COLOUMB (C) – que corresponde a  $6,28 \times 10^{18}$  elétrons.

A intensidade de corrente elétrica é medida em AMPERE e corresponde à quantidade de COLOUMBS que passa pôr segundo em um condutor. Uma intensidade de 1 Coulomb pôr segundo equivale a um ampère.

O instrumento que mede a intensidade de corrente é o AMPERÍMETRO.

Devemos lembrar quê:

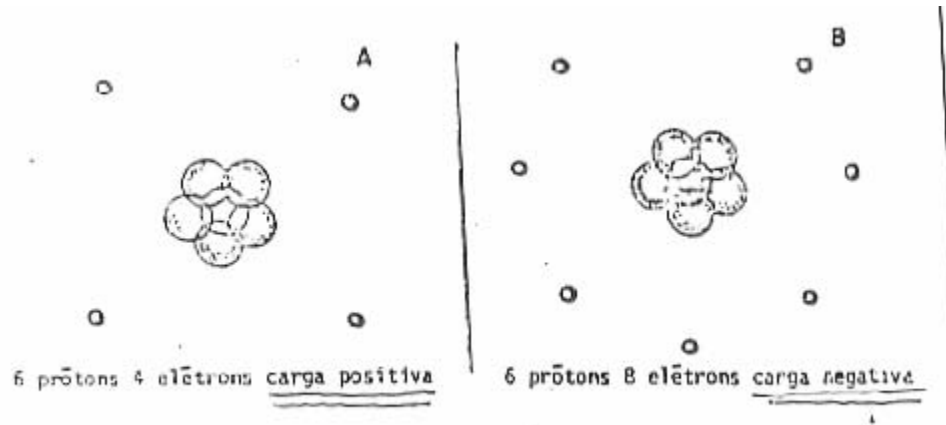
Corrente Elétrica é um fluxo de elétrons em movimento.

Tensão Elétrica é a força que desloca os elétrons.

# CONCEITOS BÁSICOS

## Sentido da Corrente Elétrica

Para entendermos o sentido da corrente elétrica, é bom recapitularmos as condições de cargas elétrica do átomo.



Como sabemos os prótons tem carga positiva, e os elétrons, cargas negativas. Se o átomo perde elétrons, ficará com carga positiva. Se o átomo recebe elétrons, ficará com carga negativa. Se consideramos as condições de carga dos átomos apresentados, havendo ligação entre eles, o átomo B (-) cederá dois elétrons ao átomo A (+). Logo, o sentido da corrente elétrica é da carga negativa (-) para a carga positiva (+).

Entretanto, antes de ter alcançado esses conhecimentos sobre os átomos, o homem já fazia uso da eletricidade e sabia que algo se movimentava, produzindo a corrente elétrica, e, pôr uma questão de interpretação, admitiu que o sentido da corrente elétrica fosse do positivo (+) para o negativo (-).

Para evitarmos dúvidas, sempre que considerarmos o sentido da corrente como sendo igual ao dos elétrons, diremos Sentido Eletrônico e , no caso oposto, Sentido Convencional Ou Clássico.



## EXERCÍCIOS SOBRE : CONCEITOS BÁSICOS.

1.0 Definir o que vem a ser matéria .

R É tudo que existe no universo.

2.0 Definir substância.

R É substância própria de cada matéria.

3.0 Definir átomo .

R É uma partícula composta de prótons, nêutrons e elétrons.

4.0 Como é distribuído os prótons, nêutrons e elétrons no átomo ?

R Os prótons e nêutrons, se localizam na parte na parte central do núcleo e os elétrons ficam girando em torno do núcleo.

5.0 O que é equilíbrio de cargas elétricas ?

R É quando o número de prótons é igual ao número de elétrons.

6.0 Definir átomo eletrizado ou ionizado.

R É quando um átomo perde ou recebe elétrons para se equilibrar suas cargas elétricas.

7.0 Quais são os nomes dos átomo ionizados ou eletrizados ?

R Átomo negativo ou ânion: Átomo positivo ou cátion

8.0 Qual a unidade de medida de tensão elétrica e qual o equipamento para medi-la?

R Volts, voltímetro.

9.0 Qual a unidade de medida de corrente elétrica e qual o equipamento para medi-la?

R Ampère, amperímetro.

10.0 Qual a unidade de medida de cargas elétricas ?

R Coulomb (C), seu valor é  $6,28 \times 10^{18}$ .

11.0 Definir corrente elétrica.

R É o deslocamento de um fluxo de elétrons em um meio condutor.

12.0 Definir tensão elétrica.

R É força que desloca os elétrons.

13.0 Quais os sentido da corrente elétrica e sua definição?

R Sentido eletrônico: a corrente sai pelo terminal negativo da fonte geradora.

Sentido convencional: a corrente sai pelo terminal positivo

## RESISTÊNCIA ELÉTRICA.

### Definição:

A oposição que os materiais oferecem á passagem da corrente elétrica chamamos de Resistência Elétrica (R).

A resistência elétrica é de grande importância na solução dos problemas de eletricidade.

A unidade de medida da resistência elétrica é o OHM.

Quando queremos medir resistências muito grandes, usamos o MEGOHM ( $M\Omega$ ), que equivale a 1.000.000 de ohms, ou o QUILOHM ( $K\Omega$ ).

Quando queremos medir resistências muito pequenas, usamos o MICROHM ( $\mu\Omega$ ) ou o MILIOHM ( $m\Omega$ ).

A resistência elétrica é medida em instrumentos chamados OHMÍMETROS. Quando a resistência é muito grande, o instrumento usado é o MEGOMETRO. O inverso da resistência é a condutância (C), Que tem como unidade o MHO .

$$C = \frac{1}{R}$$

$$R = \frac{1}{C}$$

### Escala de Unidades:

$10^9$	$10^6$	$10^3$	UNIDADE	$10^{-3}$	$10^{-6}$	$10^{-9}$	$10^{-12}$
GIGA	MEGA	KILO	UNIDADE	MILI	MICRO	NAN	PICO

### Exemplos de Unidades:

Tensão (Volt), Corrente (Ampère), Resistência (Ohm), Potência (Watt), Capacitância (Farad), Indutância (Henry).

## MATERIAIS CONDUTORES , ISOLANTES.

Todos os materiais oferecem uma certa oposição a passagem da corrente elétrica; no entanto dependendo da substância do material, essa oposição é maior ou menor, sendo que alguns materiais praticamente não permitem a passagem da corrente elétrica.

- Os materiais que oferecem pouca oposição `a passagem da corrente elétrica chamamos de ; materiais condutores.

Ex Prata, cobre, alumínio

Produtos; fio de cobre , fio de alumínio

- Os materiais que praticamente não permitem passagem da corrente elétrica chamamos de ; materiais isolantes.

-

Ex Vidro, borracha, porcelana.

Produtos; isoladores de pino

A razão da maior ou menor oposição oferecida à passagem da corrente elétrica tem sua explicação na estrutura dos átomos.

Em alguns materiais, os elétrons em órbitas mais afastadas sofrem pouca atração do núcleo, tendo facilidade de se deslocar de um átomo para outro átomo, num rodízio desordenado, sendo chamados de elétrons livres.

Os elétrons livres são numerosos nos materiais condutores e praticamente inexistentes nos materiais isolantes.

## EXERCÍCIOS SOBRE: RESISTÊNCIA ELÉTRICA.

- |                                  |                |                   |
|----------------------------------|----------------|-------------------|
| 1. Converter 2,1 V em milivolts. |                | R 2.100 mV        |
| 2. Converter 2500 V em Kvolts    |                | R 2,5 kV          |
| 3. Converter 356 mV em Volts .   |                | R 0,356 V         |
| 4. Converter 50. 000 $\Omega$    | em $M\Omega$ . | R 0,5 $M\Omega$   |
| 5. Converter 8,2 $K\Omega$       | em $\Omega$ .  | R 8.200 $\Omega$  |
| 6. Converter 680 $K\Omega$       | em $M\Omega$ . | R 0,680 $M\Omega$ |
| 7. Converter 47.000 $\Omega$     | em $K\Omega$ . | R 47 $K\Omega$ s  |
| 8. Converter 20 000 Pf em        | F.             | R 0,00002 F       |
| 9. Converter 100.000 $\Omega$    | em $K\Omega$ . | R 100 k $\Omega$  |
| 10. Converter 12.000 $K\Omega$   | em $\Omega$ .  | R 12 $\Omega$     |
| 11. Converter 0,006 A            | em mA.         | R 6 mA            |
| 12. Converter 2 A                | em mA.         | R 2.000 mA        |
| 13. Converter 1.327 m            | em A.          | R 1,327 A         |
| 14. Converter 20.000 $\mu$ A     | em A.          | R 0,020 A         |
| 15. Converter 0,25 mA            | em A.          | R 250 $\mu$ A     |

# RESISTORES

## Definição:

Resistor é um componente formado pôr um corpo cilíndrico de cerâmica sobre o qual é depositada uma camada de material resistivo. Esse material determina o tipo e o valor de resistência nominal do resistor. Ele é dotado de dois terminais colocados nas extremidades do corpo em contato com o filme resistivo.



Os resistores são utilizados nos circuitos eletrônico para limitar a corrente elétrica e, conseqüentemente, reduzir ou dividir tensões.

Os resistores são componentes que formam a maioria dos circuito eletrônicos. Eles são fabricados com materiais de alta resistividade com a finalidade de oferecer maior resistência à passagem da corrente elétrica. Dificilmente se encontrará um equipamento eletrônico que não use resistores

Este capítulo vai tratar dos resistores e de seu código de cores. Desse modo, você vai ser capaz de identificar as características elétricas e construtivas dos resistores. Vai ser capaz também de interpretar os valores de resistência expressos no código de cores.

## 1) Tipos de Resistores Fixos.

Há quatro tipos de resistores, classificados segundo sua constituição:

Resistor de filme de carbono;

Resistor de filme metálico;

Resistor de fio;

Resistor para montagem em superfície (SMR).

Cada um dos tipos tem, de acordo com sua constituição, características que o tornaram mais adequadas a determinada aplicação.

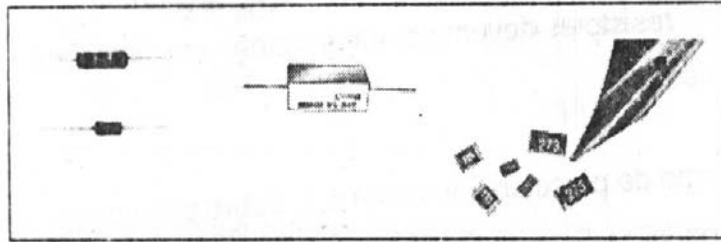
O resistor de filme de carbono, também conhecido como resistor de película, apresenta formatos e tamanhos variados como mostra a ilustração a seguir.

Esse tipo de resistor constitui-se por um corpo cilíndrico de cerâmica que serve de base à fabricação do componente.

Sobre o corpo do componente é depositada uma fina camada de filme de carbono, que é um material resistivo.

A potência varia de 1/16 W a 2W.

**Material resistivo carbono puro.**



**Aplicação: uso geral, circuito de vídeo e áudio.**

**Resistor de fio**; constitui-se de um corpo de porcelana ou cerâmica, sobre este corpo enrola-se um fio especial, geralmente de níquel-cromo. O comprimento e seção desse fio determinam o valor do resistor, que tem capacidade para operar com valores altos de corrente elétrica.

A potência varia de 2W a 200 W.

Aplicação em circuitos de grande potência.

**Resistor de filme metálico**: tem o mesmo formato que os resistores de filme de carbono o que diferencia é o fato do material resistivo é uma película de níquel , que resulta em valores ôhmicos mais precisos.

Aplicação em circuitos de precisão, computadores, circuitos lógicos.

A potência varia em 1/16 W a 1 W.

**Resistor SMR**: resistor montado em superfície é constituído de um minúsculo corpo de cerâmica com alto grau de pureza no qual é depositada uma camada vítrea metalizada formada por uma liga de cromo-silício.

Aplicação em circuitos eletrônicos, através de máquinas de inserção automática, por tamanho muito pequeno.

Potência menores que 1/16 W.

Essas diferenças situam-se em quatro faixas de valores percentuais de tolerância:

**1.0 Para resistores de uso geral:**

± 2% de tolerância

± 1% de tolerância

**2.0 Para resistores de precisão**

± 10% de tolerância

± 5% de tolerância

**OBSERVAÇÃO:**

Empregam-se os resistores de precisão apenas em circuitos em que os valores de resistência são críticos e em aparelhos de medição.

A tabela abaixo informa que, um resistor de 220 Ω ±5%(valor nominal), pör exemplo, pode apresentar qualquer valor real de resistência entre 232 Ω e 209 Ω.

Resistência nominal ( $\Omega$ )	Tolerância (%)	Variação ( $\Omega$ )	Valor real do componente ( $\Omega$ )
220 $\Omega$	$\pm 5\%$	$\pm 11 \Omega$	+5% = 220 $\Omega$ + 11 $\Omega$ = 232 $\Omega$ -5% = 220 $\Omega$ - 11 $\Omega$ = 209 $\Omega$
1000 $\Omega$	$\pm 2\%$	$\pm 20 \Omega$	+2% = 1000 $\Omega$ + 20 $\Omega$ = 1020 $\Omega$ -2% = 1000 $\Omega$ - 20 $\Omega$ = 980 $\Omega$
56 $\Omega$	$\pm 1\%$	$\pm 0,56 \Omega$	+1% = 56 $\Omega$ + 0,56 $\Omega$ = 56,56 $\Omega$ -1% = 56 $\Omega$ - 0,56 $\Omega$ = 55,44 $\Omega$
470 k $\Omega$	$\pm 10\%$	$\pm 47 \text{ k}\Omega$	+10% = 470 k $\Omega$ + 47 k $\Omega$ = 517 k $\Omega$ -10% = 470 k $\Omega$ - 47 k $\Omega$ = 423 k $\Omega$

Devido à modernização do processo industrial, os resistores estão sendo produzidos por máquinas especiais que utilizam raios laser para o ajuste final da resistência nominal.

Por isso, dificilmente, são encontrados no mercado resistores para uso geral com percentual de tolerância maior do que  $\pm 5\%$ .

### Características elétricas dos resistores:

O resistor tem características elétricas que o diferenciam de outros componentes. Elas são:

Resistência nominal;

Percentual tolerância;

Dissipação nominal de potência.

#### Resistência nominal:

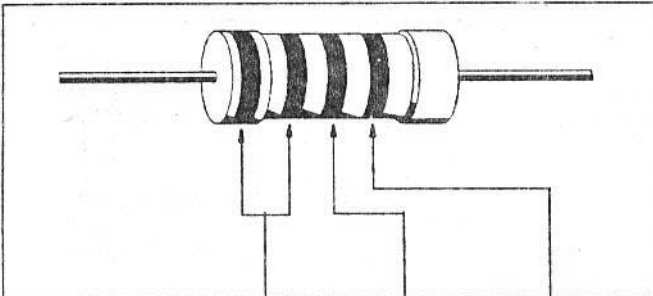
A resistência nominal é o valor da resistência elétrica especificada pelo fabricante. Esse valor é expresso em ohms ( $\Omega$ ), em valores padronizados estabelecidos pela norma IEC63. Assim, por exemplo, pode-se ter resistores de 18 $\Omega$ , 120 $\Omega$ , 4k7 $\Omega$ , 1M $\Omega$ .

Neste curso, serão empregados os valores padronizados da série E-24, ou seja, 10, 11, 12, 13, 15, 16, 18, 20, 22, 24, 27, 30, 33, 36, 39, 43, 47, 51, 56, 62, 68, 75, 82,91

Como esses números determinam os valores comerciais dos resistores, eles devem ser memorizados para facilitar a identificação e especificação desses componentes.

Dependendo do tipo de resistor e de sua aplicação, a faixa de valores comerciais pode variar. Portanto, os manuais de fabricantes devem ser consultados a fim de que sejam obtidas as informações mais específicas sobre os componentes.

#### Percentual de tolerância



Cor	Dígitos significativos	Multiplicador	Tolerância
preto	0	1 X	
marrom	1	10 X	± 1%
vermelho	2	100 X	± 2%
laranja	3	1000 X	
amarelo	4	10000 X	
verde	5	100000 X	
azul	6	1000000 X	
violeta	7	-	
cinza	8	-	
branco	9	-	
ouro		0,1 X	± 5 %
prata		0,01 X	± 10 %
sem cor			± 20 %

Em decorrência do processo de fabricação, os resistores estão sujeitos a imprecisões no seu valor nominal. O percentual de tolerância indica essa variação de valor que o resistor pode apresentar em relação ao valor padronizado de resistência nominal. A diferença no valor pode ser para mais ou para menos do valor nominal.

Dissipação nominal de potência:

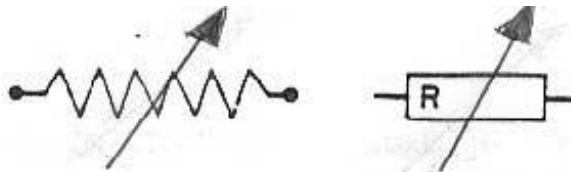
É a temperatura que o resistor atinge sem que sua resistência nominal varia mais que 1,5%, à temperatura de 70°C.

O resistor pode sofrer danos se a potência dissipada for maior que seu valor nominal.

Em condições normais de trabalho, esse acréscimo de temperatura é proporcional à potência dissipada.

2) Resistor Variável.

Resistor variável é aquele que possui um valor de resistência mínimo até um valor máximo. Ex.: potenciômetro.



## 3) Efeito Joule.

É o efeito que ocorre em um resistor, onde uma parte da energia elétrica é transformada em calor (energia térmica). Ex.: chuveiro elétrico torneira elétrica.

## 4) Para evitar dúvidas.

- 1)  $2,2\Omega = 2R2\Omega$  para não confundir com  $22\Omega$ .  
 2)  $4,7K\Omega = 4K7\Omega$  para não confundir com  $47\Omega$ .  
 3)  $6,8 K\Omega = 6K8\Omega$  para não confundir com  $68\Omega$ .  
 4)  $2,7 K\Omega = 2K7\Omega$  para não confundir com  $27\Omega$ .

## EXERCÍCIOS: SOBRE REISTORES

Qual o valor do resistor a ser lido de acordo com as cores em seu corpo?

1.0 1º faixa Vermelho 2	2º faixa Vermelho 2	3º faixa Vermelho $10^2$	4º faixa Ouro %5
-------------------------------	---------------------------	--------------------------------	------------------------

Resultado:

$$22 \times 10^2 = 2200 \Omega \pm 5\%$$

$$2200 + 110 = 2310 \Omega$$

$$2200 - 110 = 2090 \Omega$$

2.0 1º faixa Amarelo 4	2º faixa Violet 7	3º faixa Preto $10^0$	4º faixa Prata %10
------------------------------	-------------------------	-----------------------------	--------------------------

Resultado:

$$47 \times 10^0 = 47 \Omega \pm 10\%$$

$$47 + 0,47 = 47,47 \Omega$$

$$47 - 0,47 = 46,53 \Omega$$

3.0 1º faixa Verde 5	2º faixa Vermelho 2	3º faixa Laranja $10^3$	4º faixa Ouro %5
----------------------------	---------------------------	-------------------------------	------------------------

Resultado:

$$52 \times 10^3 = 52000 \Omega \pm 5\%$$

$$52000 + 2600 = 54600 \Omega$$

$$52000 - 2600 = 49400 \Omega$$

4.0 1º faixa Azul 6	2º faixa Marron 1	3º faixa Vermelho $10^2$	4º faixa Prata 10%
---------------------------	-------------------------	--------------------------------	--------------------------



**Resultado:**

$$61 \times 10^2 = 6100 \, \Omega \pm 10\%$$

$$6100 + 610 = 6710 \, \Omega$$

$$6100 - 610 = 5490 \, \Omega$$

5.0	1º faixa Vermelho 2	2º faixa Amarelo 4	3º faixa Preto 10 <sup>0</sup>	4º faixa Vermelho 2%
-----	---------------------------	--------------------------	--------------------------------------	----------------------------

**Resultado:**

$$24 \times 10^0 = 24 \, \Omega \pm 2\%$$

$$24 + 0,48 = 24,48 \, \Omega$$

$$24 - 0,48 = 23,52 \, \Omega$$

6.0	1º faixa Preto 0	2º faixa Amarelo 4	3º faixa Laranja 10 <sup>3</sup>	4º faixa Vermelho 2%
-----	------------------------	--------------------------	--	----------------------------

**Resultado:**

$$04 \times 10^3 = 4000 \, \Omega \pm 2\%$$

$$4000 + 80 = 4080 \, \Omega$$

$$4000 - 80 = 3920 \, \Omega$$

7.0	1º faixa Branco 9	2º faixa Azul 6	3º faixa Preto 10 <sup>0</sup>	4º faixa ouro 5%
-----	-------------------------	-----------------------	--------------------------------------	------------------------

**Resultado:**

$$96 \times 10^0 = 96 \, \Omega \pm 5\%$$

8.0	1º faixa Amarelo 4	2º faixa Verde 5	3º faixa Laranja 10 <sup>3</sup>	4º faixa prata 10%
-----	--------------------------	------------------------	--	--------------------------

**Resultado:**

$$45 \times 10^3 = 45000 \, \Omega \pm 10\%$$

### CASO ESPECIAL : Resistor com 03 Cores

9.0	1º faixa Vermelho 2	2º faixa Verde 5	3º faixa Marrom 10 <sup>1</sup>
-----	---------------------------	------------------------	---------------------------------------

**Resultado:**

$$25 \times 10^1 = 250 \, \Omega \pm 20\%$$

$$250 + 50 = 300 \, \Omega$$

$$250 - 50 = 200 \, \Omega$$

10.0	1º faixa Laranja 3	2º faixa Preto 0	3º faixa Marrom $10^1$
------	--------------------------	------------------------	------------------------------

Resultado:

$$30 \times 10^1 = 300 \Omega \pm 20\%$$

$$300 + 60 = 360 \Omega$$

$$300 - 60 = 240 \Omega$$

### CASO ESPECIAL : Resistor com 05 Faixas

11.0	1º faixa Violeta 7	2º faixa Vermelho 2	3º faixa Cinza 8	4º faixa Preto $10^0$	5º faixa Prata 10%
------	--------------------------	---------------------------	------------------------	-----------------------------	--------------------------

Resultado:

$$728 \times 10^0 = 728 \Omega \pm 10\%$$

$$728 + 72,8 = 800,80 \Omega$$

$$728 - 72,8 = 655,20 \Omega$$

12	1º faixa Azul 6	2º faixa Verde 5	3º faixa Preto 0	4º faixa Marrom $10^1$	5º faixa Ouro 5%
----	-----------------------	------------------------	------------------------	------------------------------	------------------------

Resultado:

$$650 \times 10^1 = 6500 \Omega \pm 5\%$$

$$6500 + 325 = 6825 \Omega$$

$$6500 - 325 = 6175 \Omega$$

## RESISTÊNCIA EQUIVALENTE.

### Definição:

É o resistor que equivale a todos os resistores de uma associação seja ela série, paralela ou mista.

Quando existem vários resistores num circuito, é importante determinar a Resistência Equivalente do conjunto.

Para maior clareza, a maioria dos problemas de cálculo da Resistência Equivalente são acompanhados de um desenho chamado “esquema”, onde os resistores são representados por uma das figuras abaixo.



Para se determinar à resistência equivalente de um conjunto de resistores, é necessário saber o modo como eles estão ligados entre si. Os resistores podem ser ligados em Série , Paralelo ou MISTO.

Quando conjuntos em série e em paralelo estão interligados, são chamados Mistos ou em Série-Paralelo.

## RESISTORES EM SÉRIE:

Como sabemos a resistência aumenta com o comprimento (L). Podemos ver que quando ligamos um conjunto em série, estamos somando os comprimentos dos resistores. Deduzimos, então, que a resistência equivalente ( $R_e$ ) do conjunto será a soma das resistências dos resistores (R).

$$R_e = R_1 + R_2 + R_3 + R_N.$$

Resistores estão ligados em série quando:

- Quando a saída de um terminal for à entrada a entrada do outro.
- A corrente elétrica possuir mais de um caminho para circular.
- A resistência equivalente em série, será sempre maior que qualquer resistor da associação em série.

Na fig.1, representamos o esquema de um conjunto de resistores ligados em série.



## RESISTORES EM PARALELO:

Resistores, estão ligados em paralelo, quando os seus terminais estiverem interligados.

A corrente elétrica possui mais de um caminho para circular.

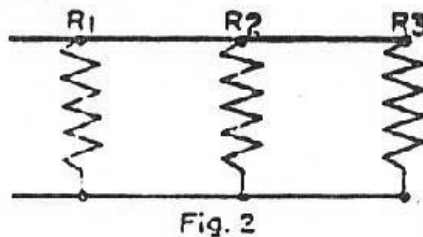
Como sabemos a resistência diminui, quando a seção ( $S_{mm^2}$ ) aumenta.

Podemos notar que, quando ligamos um conjunto em paralelo, estamos somando as seções dos resistores do conjunto.

Deduzimos então, que a resistência equivalente do conjunto será sempre menor que a resistência do menor resistor do conjunto.

Para determinarmos a resistência equivalente de um conjunto em paralelo, podemos usar as seguintes abaixo:

Na fig.2, representamos o esquema de um conjunto de resistores ligados em paralelo.



$$R_e = \frac{R}{R_n} \quad \text{Quando os resistores forem de igual valor.}$$

R – resistência de um dos resistores.

$R_n$  – quantidade de resistores do conjunto.

$$R_e = \frac{R_1 \times R_2}{R_1 + R_2} \quad \text{Quando o conjunto for de dois resistores.}$$

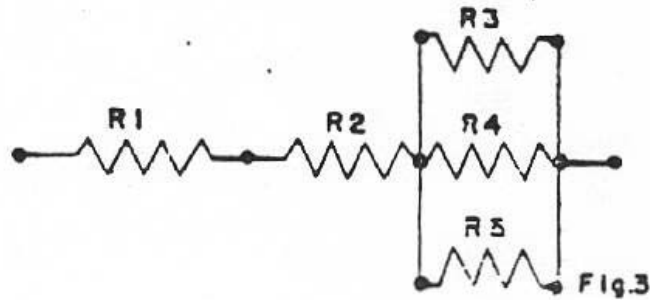
Para qualquer número de resistores no conjunto.

$$R_e = \frac{1}{\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} + \text{etc}}$$

Ou

$$\frac{1}{R_e} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} + \dots$$

Na fig.3, representamos um conjunto misto.



### Resistência Equivalente mista.

Para determinarmos a resistência equivalente do conjunto misto, calculamos primeiro a resistência equivalente dos resistores ligados em paralelo e depois somamos o resultado com os resistores ligados em série.

Para a fig.3, teríamos:

$$R_e = \frac{1}{\frac{1}{R_3} + \frac{1}{R_4} + \frac{1}{R_5}} + R_1 + R_2$$

ELETRICIDADE; EXERCÍCIOS.  
EXERCÍCIOS SOBRE : ASSOCIAÇÃO DE RESISTORES

Calcular o resistor equivalente da associação de resistores abaixo:



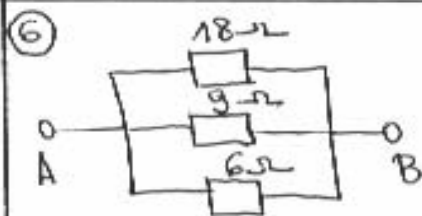
$$R_E \Rightarrow \frac{1}{R_E} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3}$$

$$\frac{1}{R_E} = \frac{1}{2} + \frac{1}{10} + \frac{1}{1,5}$$

$$\frac{1}{R_E} = 0,5 + 0,1 + 0,6$$

$$\frac{1}{R_E} = 1,2$$

$$R_E = \frac{1}{1,2} = 0,83\Omega$$



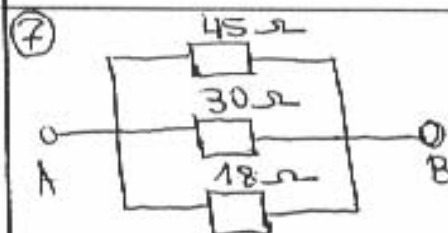
$$\frac{1}{R_E} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3}$$

$$\frac{1}{R_E} = \frac{1}{18} + \frac{2}{9} + \frac{3}{6} \quad \text{mmc}(18,9,6)$$

$$\frac{1}{R_E} = \frac{1+2+3}{18} = \frac{6}{18}$$

$$\frac{1}{R_E} = \frac{6}{18} \Rightarrow 6R_E = 18$$

$$R_E = \frac{18}{6} = 3\Omega$$



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

$$\frac{1}{R_E} = \frac{2}{45} + \frac{3}{30} + \frac{5}{18} \quad \text{mmc}(45,30,18)$$

$$\frac{1}{R_E} = \frac{2+3+5}{90} = \frac{10}{90}$$

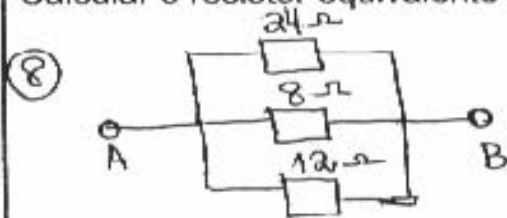
$$\frac{1}{R_E} = \frac{10}{90} \Rightarrow 10R_E = 90$$

$$R_E = \frac{90}{10}$$

$$R_E = 9\Omega$$

ELETRICIDADE; EXERCÍCIOS.  
EXERCÍCIOS SOBRE : ASSOCIAÇÃO DE RESISTORES

Calcular o resistor equivalente da associação de resistores abaixo:

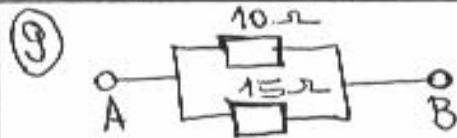


$$\frac{1}{R_E} = \frac{1}{24} + \frac{1}{8} + \frac{1}{12}$$

mmc (24, 8, 12) = 24

$$\frac{1}{R_E} = \frac{1+3+2}{24} = \frac{6}{24}$$

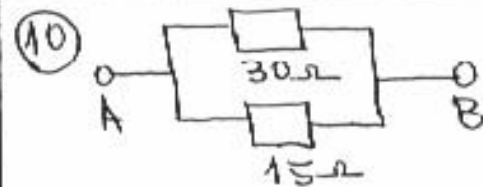
$$\frac{1}{R_E} = \frac{6}{24} \rightarrow 6R_E = 24 \quad R_E = \frac{24}{6} = 4\Omega$$



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

$$R_E = \frac{10 \times 15}{10 + 15} = \frac{150}{25}$$

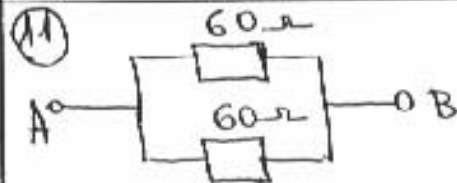
$$R_E = 6\Omega$$



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

$$R_E = \frac{30 \times 15}{30 + 15} = \frac{450}{45}$$

$$R_E = 10\Omega$$



$$R_E = \frac{60 \times 60}{60 + 60}$$

$$R_E = \frac{3600}{120}$$

$$R_E = 30\Omega$$

$$R_E = \frac{R}{R_A}$$

$$R_E = \frac{60}{2} = 30\Omega$$

ELETRICIDADE; EXERCÍCIOS.  
EXERCÍCIOS SOBRE : ASSOCIAÇÃO DE RESISTORES

Calcular o resistor equivalente da associação de resistores abaixo:



$$R_E = \frac{R}{n}$$

$$R_E = \frac{24}{3}$$

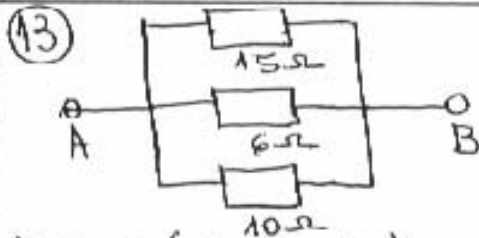
$$R_E = 8\Omega$$

$$\frac{1}{R_E} = \frac{1}{24} + \frac{1}{24} + \frac{1}{24}$$

$$\frac{1}{R_E} = \frac{3}{24}$$

$$3R_E = 24$$

$$R_E = \frac{24}{3} = 8\Omega$$



$$\text{mmc}(15, 6, 10) =$$

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

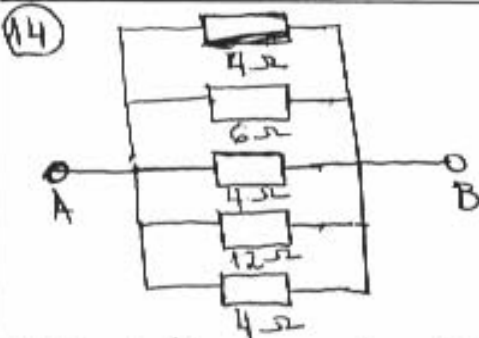
$$\frac{1}{R_E} = \frac{1}{15} + \frac{1}{6} + \frac{1}{10}$$

$$\frac{1}{R_E} = \frac{2+5+3}{30} = \frac{10}{30}$$

$$\frac{1}{R_E} = \frac{10}{30}$$

$$10R_E = 30$$

$$R_E = \frac{30}{10} = 3\Omega$$



$$\text{mmc}(4, 6, 12) = 12$$

$$\frac{1}{R_E} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} + \frac{1}{R_4} + \frac{1}{R_5}$$

$$\frac{1}{R_E} = \frac{1}{4} + \frac{1}{6} + \frac{1}{4} + \frac{1}{12} + \frac{1}{4}$$

$$\frac{1}{R_E} = \frac{3}{4} + \frac{1}{6} + \frac{1}{12}$$

$$\frac{1}{R_E} = \frac{9+2+1}{12} = \frac{12}{12}$$

$$\frac{1}{R_E} = 1 \rightarrow R_E = \frac{1}{1}$$

$$R_E = 1\Omega$$



ELETRICIDADE; EXERCÍCIOS.  
EXERCÍCIOS SOBRE : ASSOCIAÇÃO DE RESISTORES

Calcular o resistor equivalente da associação de resistores abaixo:

15

$R_E = \frac{6}{2} = 3\Omega$

15.1

$R_E = \frac{R}{R_n}$   
 $R_E = \frac{100\Omega}{5}$   
 $R_E = 20\Omega$

16

$R_E = \frac{R}{R_n}$   
 $R_E = \frac{15}{2}$   
 $R_E = 7,5\Omega$

17

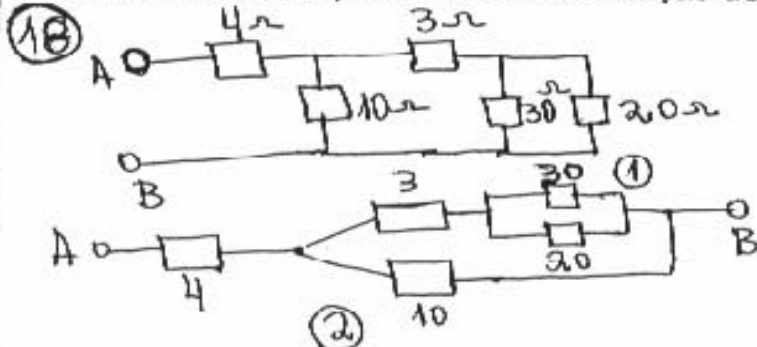
①  $\frac{R_1 \times R_2}{R_1 + R_2}$   
①  $\frac{12 \times 6}{12 + 6} = \frac{72}{18}$   
①  $= 4\Omega$

②  $\frac{30 \times 15}{30 + 15}$   
②  $\frac{450}{45} = 10\Omega$

$R_E = \frac{10 \times 15}{10 + 15} = \frac{150}{25} = 6\Omega$

ELETRICIDADE; EXERCÍCIOS.  
EXERCÍCIOS SOBRE : ASSOCIAÇÃO DE RESISTORES

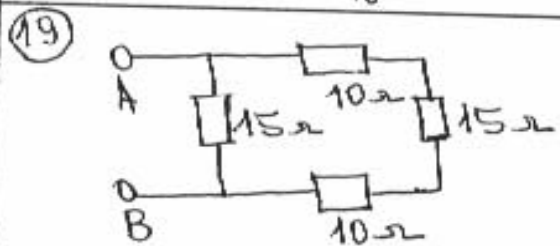
Calcular o resistor equivalente da associação de resistores abaixo:



$$① = 3 + \frac{30 \times 20}{30 + 20} = 3 + \frac{600}{50} = 3 + 12 = 15$$

$$② \quad R_E = 4 + \frac{15 \times 10}{15 + 10} = 4 + \frac{150}{25}$$

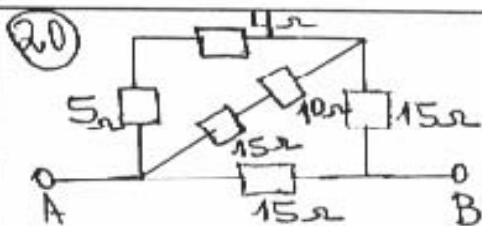
$$R_E = 4 + 6 = 10 \Omega$$



$$R_E = \frac{15 \times 35}{15 + 35}$$

$$R_E = \frac{525}{50}$$

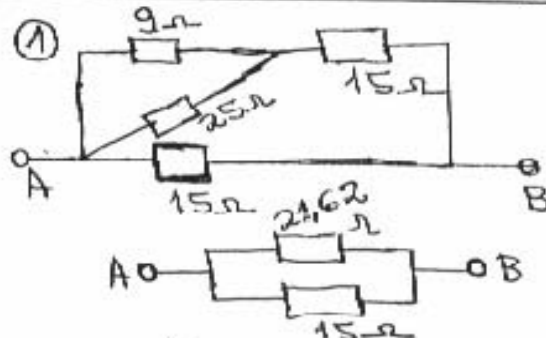
$$R_E = 10,5 \Omega$$



$$① \quad \frac{9 \times 25}{9 + 25} + 15$$

$$\frac{225}{34} + 15 = 6,62 + 15$$

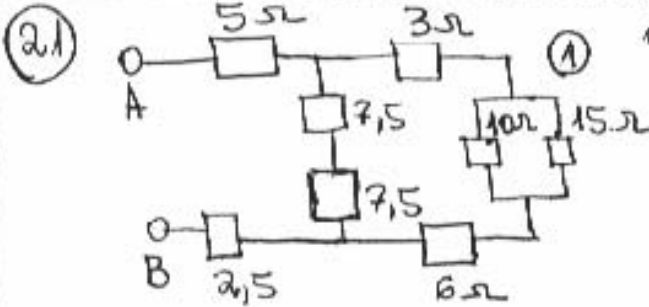
$$= 21,62$$



$$R_E = \frac{21,62 \times 15}{21,62 + 15} = \frac{324,30}{36,62} =$$

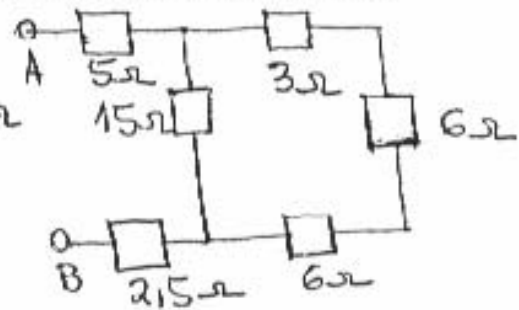
ELETRICIDADE; EXERCÍCIOS.  
EXERCÍCIOS SOBRE : ASSOCIAÇÃO DE RESISTORES

Calcular o resistor equivalente da associação de resistores abaixo:



$$\textcircled{1} \frac{10 \times 15}{10 + 15} = \frac{150}{25}$$

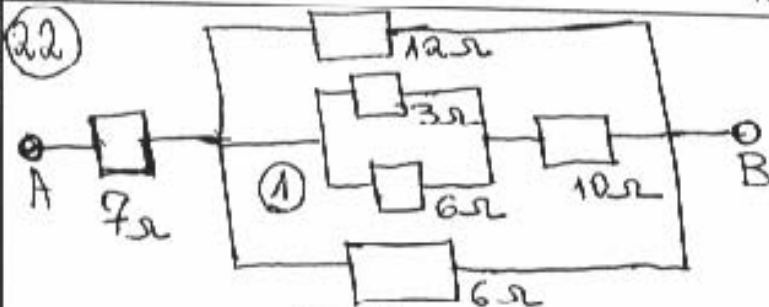
$$\textcircled{1} = 6\Omega$$



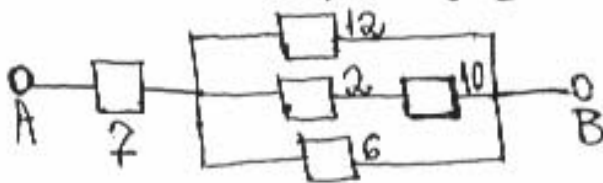
$$R_E = 5 + \frac{15 \times 15}{15 + 15} + 2,5$$

$$R_E = 5 + \frac{225}{30} + 2,5$$

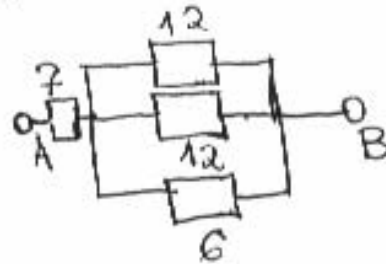
$$R_E = 5 + 7,5 + 2,5 = 15\Omega$$



$$\textcircled{1} \frac{3 \times 6}{3 + 6} = \frac{18}{9} = 2\Omega$$



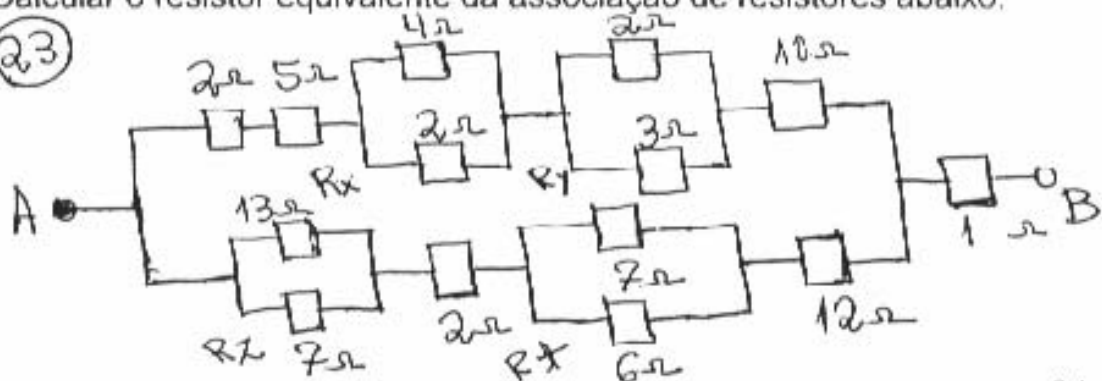
$$R_E = 7 + 3 = 10\Omega$$



ELETRICIDADE; EXERCÍCIOS.  
EXERCÍCIOS SOBRE : ASSOCIAÇÃO DE RESISTORES

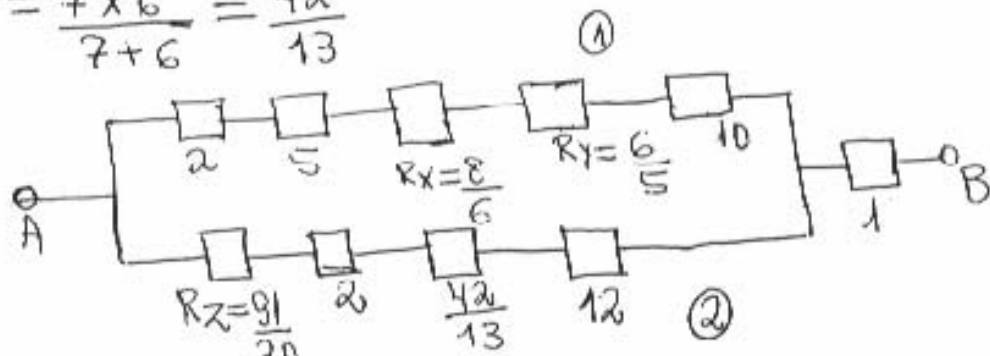
Calcular o resistor equivalente da associação de resistores abaixo.

23



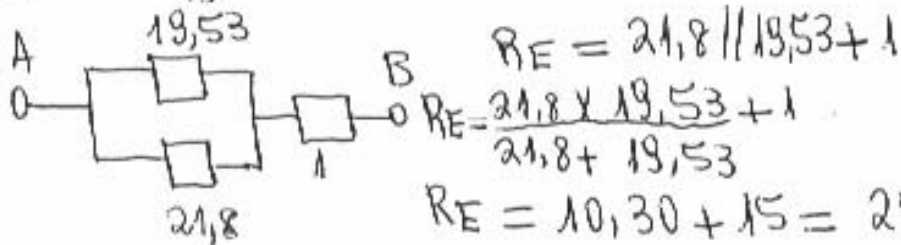
$$R_x = \frac{4 \times 2}{4 + 2} = \frac{8}{6} \quad R_y = \frac{2 \times 3}{2 + 3} = \frac{6}{5} \quad R_z = \frac{13 \times 7}{13 + 7} = \frac{91}{20}$$

$$R_{\text{par}} = \frac{7 \times 6}{7 + 6} = \frac{42}{13}$$



$$\textcircled{1} \quad 2 + 5 + \frac{8}{6} + 10 + \frac{6}{5} = 17 + \frac{8}{6} + \frac{6}{5} = 19,53$$

$$\textcircled{2} \quad \frac{91}{20} + 2 + \frac{42}{13} + 12 = 4,6 + 2 + 3,2 + 12 = 21,8$$



$$R_E = 21,8 // 19,53 + 1$$

$$R_E = \frac{21,8 \times 19,53}{21,8 + 19,53} + 1$$

$$R_E = 10,30 + 15 = 25,30 \Omega$$

## LEI DE OHM.

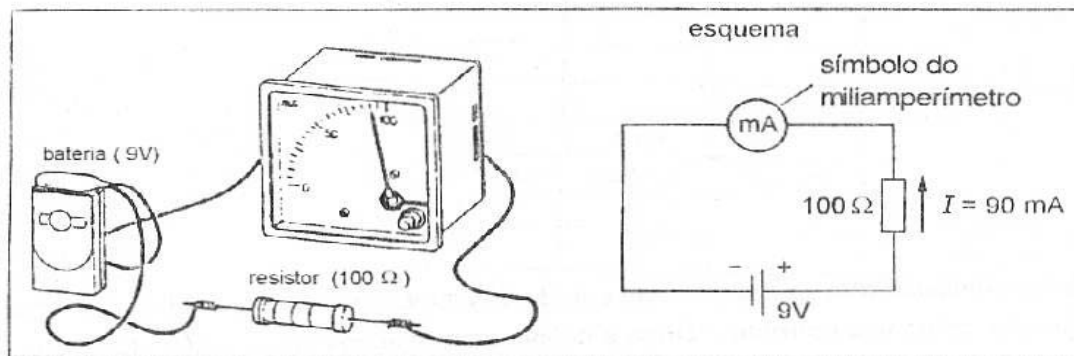
Montando-se um circuito com uma fonte de 9 v e um resistor de 100 ohms, notamos que o miliamperímetro indica uma corrente de 90 mA.

As medidas encontradas foram:

$$V = 9 \text{ V}$$

$$R = 100 \ \Omega$$

$$I = 90 \text{ mA}$$



Agora se substituirmos o resistor de 100 pelo de 200 , a resistência do circuito torna-se maior. O circuito impõe uma oposição maior à passagem da corrente e faz com que a corrente circulante seja menor.

As medidas encontradas foram;

$$V = 9\text{V}$$

$$R = 200 \ \Omega$$

$$I = 45 \text{ mA}$$

À medida que aumenta o valor do resistor, aumenta também a oposição à passagem da corrente que decresce na mesma proporção. Substituindo o resistor de 200 pôr um de 400 OMHS, teremos os seguintes resultados:

$$V = 9\text{V}$$

$$R = 400 \ \Omega$$

$$I = 22,5 \text{ mA}$$

Concluimos então que:

- A tensão aplicada ao circuito é sempre a mesma; portanto, as variações da corrente são provocadas pela mudança de resistência do circuito. Ou seja, quando a resistência do circuito aumenta, a corrente no circuito diminui.
- Dividindo-se o valor da tensão aplicada pela resistência do circuito, obtém-se o valor da intensidade da corrente.

A partir dessas experiências, conclui-se que o valor de corrente que circula em um circuito pode ser encontrado dividindo-se o valor de tensão aplicada pela sua

resistência. Transformando esta afirmação em equação matemática, teremos a LEI DE OHM.

A relação entre a tensão (E), e a intensidade de corrente (I) e a resistência elétrica (R) foi determinada pelo cientista alemão GEORGE SIMON OHM, ficando em sua homenagem, conhecida como LEI DE OHM, que pode ser enunciada da seguinte forma;

A intensidade da corrente elétrica é diretamente proporcional à tensão e inversamente proporcional a resistência do circuito.

Essa lei corresponde à seguinte equação;

$$I = \frac{V}{R} \quad A = \text{Ampère}$$

Dessa equação podemos deduzir que:

$$V = R \times I \quad V = \text{Volts}$$

$$R = \frac{V}{I} \quad R = \text{Ohm}$$

Para facilitarmos a interpretação dessas equações, podemos apresentá-las dentro de um triângulo (fig. 1) e proceder do seguinte modo:

- a) Cobrir a letra que representa a unidade desejada:
- b) Usar a equação que se apresenta.



## EXERCÍCIOS SOBRE: A LEI DE OHM.

- 1.0 Calcule a corrente elétrica que circula no circuito, quando a fonte geradora for de 120V e a resistência for de 30  $\Omega$ .  
R: 4 A.
- 2.0 Calcule a resistência elétrica do circuito, quando a fonte geradora for de 220 V e a intensidade de corrente for 11 A .  
3.0 R: 20  $\Omega$
- 4.0 Calcule a tensão no circuito, quando a corrente for de 3,5 A e a resistência elétrica for 20  $\Omega$ .  
R: 70V
- 5.0 Uma lâmpada elétrica foi ligada em uma tensão de 120V, consome 1,0 A. Qual a resistência do filamento da lâmpada?  
R: 120  $\Omega$ .
- 6.0 Calcule a DDP que deve ser aplicada nos terminais de um condutor de resistência igual a 100  $\Omega$  para que ele seja percorrido por uma corrente de intensidade igual a 1,2A  
R:120V
- 7.0 Calcule a intensidade da corrente elétrica que passa por um fio de resistência igual a 20  $\Omega$  ao ser submetida a uma DDP de 5 V? R: 0,25 A
- 8.0 Qual a corrente que o amperímetro irá indicar, quando for ligado a um circuito de fonte geradora de 20V e uma resistência de 4  $\Omega$ . R: 5 A
- 9.0 Qual a resistência elétrica de um condutor que é percorrido por uma corrente de 0,5 A, quando sujeita a uma tensão de 110 V.  
R: 220  $\Omega$
- 10.0 Um elemento resistor de 300  $\Omega$  foi percorrido por uma corrente de 18 A . Qual a DDP que desloca estes elétrons ?  
R: 5,4 KV ou 54300 V
- 11.0 Qual a resistência elétrica de um chuveiro de 4.400 W que será ligado a uma fonte de tensão de 110 V , cuja corrente é de 40 A .  
R: 2,75  $\Omega$ .
- 12.0 qual a resistência elétrica de um chuveiro de 4.400 W que será ligado a uma fonte de tensão de 220 V , cuja corrente é de 20 A . R: 11  $\Omega$ .

## RESISTIVIDADE.

George Simon Ohm foi o cientista que estudou a resistência elétrica do ponto de vista dos elementos que têm influência sobre ela. Por esse estudo, ele concluiu que a resistência elétrica de um condutor depende de quatro fatores:

- a) Material do qual o condutor é feito.
- b) Comprimento (L) do condutor.
- c) Área de sua seção transversal (S).
- d) Temperatura no condutor.

Através de várias experiências se pode verificar a influência de cada um destes materiais, variando apenas de um fatores, e mantendo constantes os três restantes.

Desse modo se pode analisar a influência do comprimento do condutor, mantendo-se constante o tipo de material, sua temperatura e a área da seção transversal e variou-se seu comprimento.

S \_\_\_\_\_ resistência R.

S \_\_\_\_\_ resistência obtida 2R.

S \_\_\_\_\_ resistência obtida 3R.

Deste modo se comprovou que a resistência aumentava ou diminuía na mesma proporção em que aumentava ou diminuía o comprimento do condutor. Isto significa que a resistência elétrica é diretamente proporcional ao comprimento do condutor.

Na influência da seção transversal, foram mantidos constantes o comprimento do condutor, o tipo de material e sua temperatura, variando-se apenas sua seção transversal.

1 . S o  resistência obtida = R

2 . S O  resistência obtida = R/2

3 .S O  resistência obtida = R/3

Deste modo foi possível verificar que a resistência elétrica diminuía à medida que se aumentava a seção transversal do condutor. Inversamente, a resistência elétrica aumentava, quando se diminuía a seção transversal do condutor. Conclusão:

a resistência elétrica de um condutor é inversamente proporcional à sua área de seção transversal.



Mantida as constantes de comprimento, seção transversal, seção transversal e temperatura, variou-se o tipo de material:

S . \_\_\_ L\_\_\_\_\_ cobre resistência obtida = R1  
 S . \_\_\_ L\_\_\_\_\_ alumínio resistência obtida = R2  
 S \_\_\_ L\_\_\_\_\_ prata resistência obtida = R3

Utilizando-se materiais diferentes, verificou-se que não havia relação entre eles. Com o mesmo material, todavia, a resistência elétrica mantinha o mesmo valor.

A partir dessas experiências, estabeleceu-se uma constante de proporcionalidade que foi denominada de RESISTIVIDADE ELÉTRICA.

### RESISTIVIDADE ELÉTRICA:

É a resistência elétrica específica de um certo condutor com 1 metro de comprimento, 1mm<sup>2</sup> de área de seção transversal, medida em temperatura ambiente constante de 20 °C.

A unidade de medida de resistividade é o  $\Omega \text{ mm}^2 / \text{m}$ , representada pela letra grega  $\rho$  (lê-se ro).

Após estas experiências OHM estabeleceu que a sua 2<sup>o</sup> Lei:

A resistência elétrica de um condutor é diretamente proporcional ao produto da resistividade específica pelo seu comprimento, e inversamente proporcional à sua área de seção transversal.

Equacionamente teremos:

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

R= é a resistência elétrica em  $\Omega$

L= comprimento do condutor em m

S= área da seção transversal em mm<sup>2</sup>

$\rho$ = resistividade do material em  $\Omega \cdot \text{mm}^2/\text{m}$

A tabela a seguir apresenta alguns materiais com seu respectivo valor de resistividade.

Material	$\rho$ ( $\Omega$ mm <sup>2</sup> /m) a 20°C
Alumínio	0,0278
Cobre	0,0173
Estanho	0,1195
Ferro	0,1221
Níquel	0,0780
Zinco	0,0615
Chumbo	0,21
Prata	0,30

## EXERCÍCIOS SOBRE : RESISTIVIDADE.

1) Calcule a seção de um fio de alumínio com resistência de 2  $\Omega$  e comprimento de 100 m.

$$R = \frac{\rho \cdot L}{S} \longrightarrow S = \frac{\rho \cdot L}{R} = \frac{0,0278 \cdot \text{mm}^2 \cdot \Omega / \text{m} \cdot 100 \text{ m}}{2 \Omega} = 1,39 \text{ mm}^2$$

2) Determine o material que constitui um fio, sabendo-se que seu comprimento é de 150 m, sua seção é de 4 mm<sup>2</sup> e sua resistência é de 0,6488  $\Omega$ .

$$R = \frac{\rho \cdot L}{S} \longrightarrow \rho = \frac{R \cdot S}{L} = \frac{0,6488 \Omega \cdot 4 \text{ mm}^2}{150 \text{ m}} = 0,0173 \text{ mm}^2 \cdot \Omega / \text{m}$$

3) Determine a resistência elétrica de um condutor na temperatura de 20 ° C, sabendo-se que sua seção é de 1,5 mm<sup>2</sup> para os seguintes casos.

L = 50 cm.

$$R = \frac{\rho \cdot L}{S} \longrightarrow R = \frac{0,0173 \text{ mm}^2 \cdot \Omega / \text{m} \times 0,5 \text{ m}}{1,5 \text{ mm}^2} = 5,76 \Omega$$

4) Idem para L = 100 m RES: 1,15  $\Omega$

5) Idem para L= 3 km RES: 34,6  $\Omega$

6) Calcular L do estanho, sendo S= 2 mm<sup>2</sup>, R = 3  $\Omega$

$$R = \frac{\rho \cdot L}{S} \longrightarrow RS = \rho L \longrightarrow L = \frac{RS}{\rho} = \frac{2 \text{ mm}^2 \times 3 \Omega}{0,1195 \text{ mm}^2 \cdot \Omega / \text{m}} = 50,21 \text{ mm}^2$$

## DIVISOR DE TENSÃO E DIVISOR DE CORRENTE.

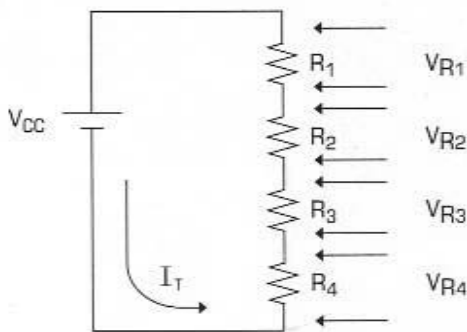
Este método é usado para cálculo de corrente , tensão e resistências quando o circuito for muito complicado, para usar a Lei de OHM diretamente.

### DIVISOR DE TENSÃO:

Todo circuito contendo resistências em série, é um circuito DIVISOR DE TENSÃO, onde a corrente total do circuito é a mesma que passa em todas as resistências, e a tensão da fonte é dividida entre as resistências existentes.

Ex:

Por exemplo , seja o circuito abaixo, onde a soma das tensões existentes em cima de cada resistência será igual à soma da fonte . Ou seja  $V_{cc} = V_{R1} + V_{R2} + V_{R3} + V_{R4}$ .



Para descobrir a tensão aplicada em cima de qualquer uma das resistências podemos utilizar a Lei de ohm onde,  $V_{R1} = I_t \times R_1$ . Neste caso

$I_T = V_{cc} / (R_1 + R_2 + R_3 + R_4)$ . Substituindo  $I_T$  = na lei de OHM chegamos na Lei de OHM.

$$V_{R1} = \frac{R_1 \times V_{cc}}{R_{total}}$$

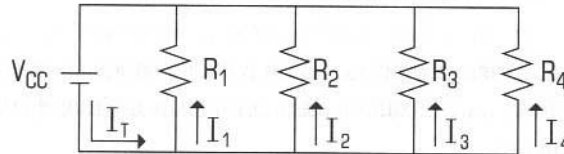
Onde  $R_1$  deve ser substituída pelo valor que da resistência cuja tensão se deseja se deseja descobrir.

### DIVISOR DE CORRENTE:

Deve ser empregado quando o valor da fonte não for dado ou se houver uma divisão da corrente que irá require cálculos para encontrar o valor da corrente a maneira mais simples será, usando a fórmula do divisor de corrente.

## FUNCIONAMENTO:

FIG<sub>1</sub>



Para descobrir o valor de cada corrente aplicamos diretamente a Lei de Ohm

$$I_1 = V_{cc} / R_1.$$

No caso do valor da fonte não ser fornecido teremos que aplicar a fórmula:

Suponhamos um circuito com duas resistências em paralelo  $R_1$  e  $R_2$ .

Neste caso  $V_{cc} = R_{total} \times I_T$ , SENDO  $R_{TOTAL} = (R_1 \times R_2) / (R_1 + R_2)$ , substituindo o valor de  $V_{cc}$  em  $I_1 = V_{cc} / R_1$  teremos:

$$I_1 = \frac{V_{cc}}{R_1} \quad (1) \quad V_{cc} = R_{total} \times I_T \quad (2) \quad R_{TOTAL} = (R_1 \times R_2) / (R_1 + R_2) \quad (3)$$

substituindo (2) e (3) em (1) teremos:

$$I_1 = \frac{R_{total} \times I_T}{R_1} \longrightarrow I_1 = \frac{(R_1 \times R_2) \times I_T}{(R_1 + R_2) \times R_1} \longrightarrow I_1 = \frac{(R_1 \times R_2)}{(R_1 + R_2)} \times \frac{1}{R_1} \times I_T$$

$$I_1 = \frac{R_2 \times I_T}{(R_1 + R_2)}.$$

No caso de haver mais de duas resistências, em paralelo a fórmula será:

$$I_1 = \frac{\text{soma das resistências onde não passa } I_1 \text{ na malha} \times I_T}{\text{soma das outras resistências da malha} + R_1}$$

Essa soma no entanto, deverá levar em consideração resistências em paralelo.

Portanto, apesar de usarmos a palavra soma, devemos efetuar o cálculo de resistências em paralelo, que é  $R_{TOTAL} = (R_1 \times R_2) / (R_1 + R_2)$ .

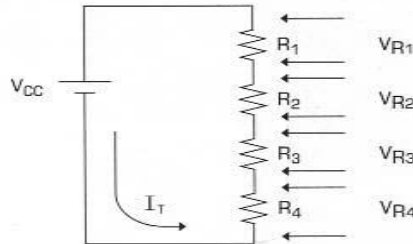
A fórmula com várias resistências em paralelo será:

$$I_1 = \frac{(R_2 // R_3 // R_4) \times I_T}{(R_2 // R_3 // R_4) + R_1}$$

## EXERCÍCIOS SOBRE : DIVISOR DE TENSÃO E CORRENTE.

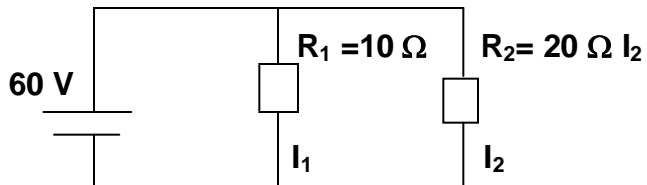
- 1) Calcular o valor de  $V_{R1}$  no circuito usando divisor de tensão no circuito onde:

$$V_{cc} = 60 \text{ V}, R_1 = 5 \Omega, R_2 = 10 \Omega, R_3 = 20 \Omega, R_4 = 15 \Omega$$



$$V_{R1} = \frac{R_1 \times V_{cc}}{R_{total}} = \frac{5 \times 60}{(5 + 10 + 20 + 15)} = \frac{300}{50} = 6 \text{ V}$$

- 2) Calcular o valor da corrente  $I_1$  sobre o resistor de  $10 \Omega$ , sendo dada a corrente total de  $9 \text{ A}$ .



$$I_1 = \frac{R_2 \times i_t}{R_1 + R_2} = \frac{20 \Omega \times 9 \text{ A}}{(10 \Omega + 20 \Omega)} = \frac{18 \text{ A}}{3} = 6 \text{ A}$$

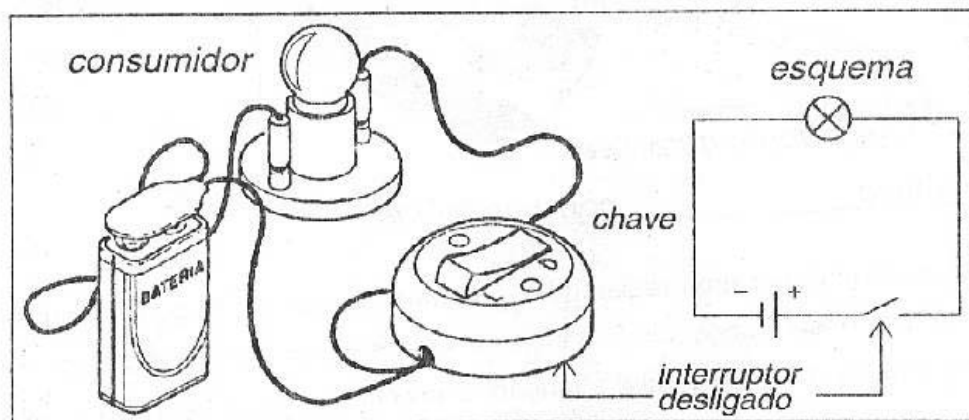
# O CIRCUITO ELÉTRICO.

## 1.0 Circuito Elétrico

É o caminho percorrido pela corrente elétrica.

No circuito elétrico, é importante determinar a função de cada componente, para que se possa entender o seu funcionamento.

A fig.1 mostra um circuito elétrico com os seus componentes identificados. Vejamos a função de cada um.



## 2- Fonte Geradora

É o componente onde a energia elétrica é gerada.

Ex: Baterias, dínamos, etc.

## 3- Condutores

São os componentes que conduzem a corrente elétrica da fonte geradora para os receptores.

Ex: Fio de cobre.

## 4- Receptores

São os componentes que utilizam a corrente elétrica para produzir luz, força, etc.

## 5- Chave ou interruptor

É o componente que abre e fecha o circuito.

**6- Funcionamento do circuito elétrico.** Quando a chave está fechada, a corrente elétrica circula da fonte geradora para o receptor retornando a fonte. Esse processo permanece, até que o circuito seja aberto ou a fonte pare de gerar.

## **EXERCÍCIOS SOBRE : CIRCUITO ELÉTRICO.**

**1.0 Definir o que vem a ser circuito elétrico .**

**R É o caminho percorrido pela corrente elétrica.**

**2.0 Quais são os componentes básicos de um circuito elétrico?**

**R Fonte geradora, condutores, chave ou interruptor, receptor.**

**3.0 Qual a finalidade da chave ou interruptor ?**

**R Interromper a corrente elétrica ou deixar passar a corrente (abrir ou fechar o circuito)**

**4.0 Explique o funcionamento de um circuito elétrico.**

**R Com a chave fechada a corrente elétrica, circula da fonte geradora para os receptores, retornando a fonte geradora.**

**Esse processo se repetirá, até que o circuito seja interrompido ou a fonte para de gerar energia elétrica.**

**5.0 Qual a função da fonte geradora ?**

**R É o componente, onde a energia é produzida, como pôr exemplo bateria, pilhas, usina.**

**6.0 Qual a função dos condutores?**

**R É o material que conduz a energia da fonte geradora aos receptores, como pôr exemplo fios e cabos de cobre.**

**7.0 Qual a função dos receptores ?**

**R São os componentes recebem a corrente elétrica e a transforma em luz, força.**

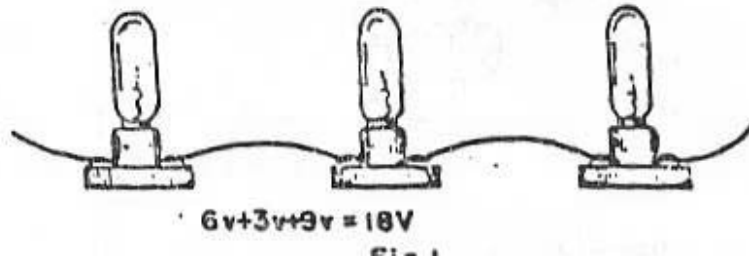
**8.0 O que aconteceria no circuito se não houvesse a chave ?**

**R O circuito iria funcionar eternamente enquanto houvesse corrente elétrica.**

## CIRCUITO SÉRIE.

Circuito série é aquele cujos componentes estão ligados de tal modo, que permitem um só caminho à passagem de corrente elétrica.

Na fig.1, vemos conjunto de três lâmpadas formando um circuito de série.



A tensão total de um circuito série é igual à soma das tensões dos seus componentes.

$$V = V_1 + V_2 + V_3 \text{ etc.}$$

Devemos considerar que, havendo um só caminho para a passagem da corrente, todos os elementos são atravessados pela mesma intensidade de corrente.

$$I = I_1 = I_2 = I_3 \text{ etc.}$$

Em virtude da composição do circuito série, é importante notar-se que:

A – no circuito série os receptores funcionam simultaneamente;

B – a falta ou interrupção de um receptor não permite o funcionamento dos demais;

C – a corrente de funcionamento dos receptores devem ser iguais;

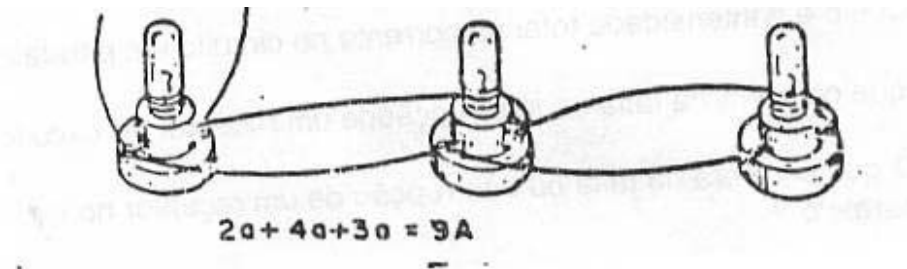
D – o valor da tensão de funcionamento dos receptores podem ser diferentes.



## CIRCUITO PARALELO.

Circuito paralelo é aquele em que os receptores estão ligados diretamente aos condutores da fonte. Dessa maneira o circuito paralelo permite vários caminhos para a passagem da corrente, sendo cada receptor um caminho independente para a passagem da corrente elétrica.

Na fig.1, vemos um exemplo de circuito paralelo formado com três lâmpadas.



A intensidade total de corrente no circuito paralelo é a soma das intensidade de corrente dos receptores.

$$I = I_1 + I_2 + I_3 \text{ etc.}$$

A tensão elétrica é igual nos bornes de todos receptores no circuito paralelo.

$$V = V_1 = V_2 = V_3 \text{ etc.}$$

Em virtude da composição do circuito paralelo, é importante notar-se que :

A- As tensões dos receptores devem ser iguais;

B- As intensidades de corrente dos receptores podem ser diferentes;

B- Cada receptor pode funcionar independentemente dos demais;

## EXERCÍCIOS CIRCUITO: SÉRIE, PARALELO, MISTO.

1.0 Definir o que vem a ser circuito elétrico série?

R: É aquele que oferece somente um caminho a passagem da corrente elétrica.

2.0 Como podem ser a tensão nos receptores do circuito em série?

R: Podem ser diferentes.

3.0 Como podem ser a tensão nos receptores do circuito em paralelo?

R: Podem ter valores iguais.

4.0 Definir o que vem a ser circuito elétrico paralelo?

R: É aquele que oferece mais de um caminho para passagem da corrente elétrica.

5.0 Como é a intensidade total da corrente no circuito paralelo?

R: É igual a soma das correntes nos receptores.

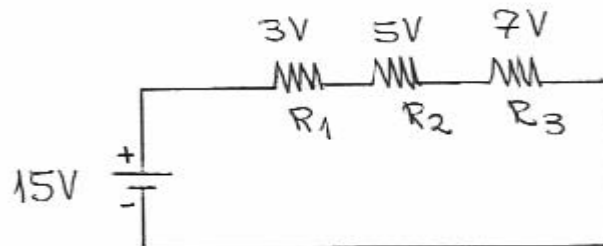
6.0 O que ocorrerá na falta ou interrupção de um receptor no circuito em série ?

R: O circuito não funcionará, porque não teremos corrente circulando.

7.0 O que ocorrerá na falta ou interrupção de um receptor no circuito em paralelo?

R: O circuito continuará funcionando, porque a corrente percorrerá outro caminho que não esteja interrompido.

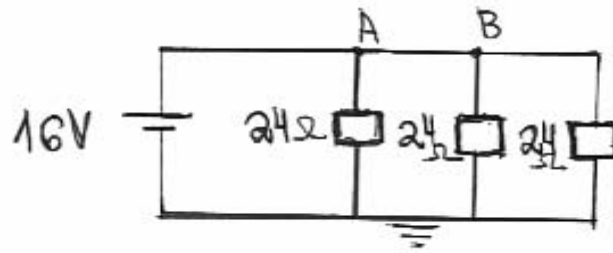
8.0 No circuito abaixo, calcular o valor de  $R_1$ ,  $R_2$ ,  $R_3$ .



$$V=RI \quad R_1 = \frac{V}{I} = \frac{3\text{ V}}{2\text{ A}} = 1,5\ \Omega \quad R_2 = \frac{5\text{ V}}{2\text{ A}} = 2,5\ \Omega \quad R_3 = \frac{7\text{ V}}{2\text{ A}} = 3,5\ \Omega$$

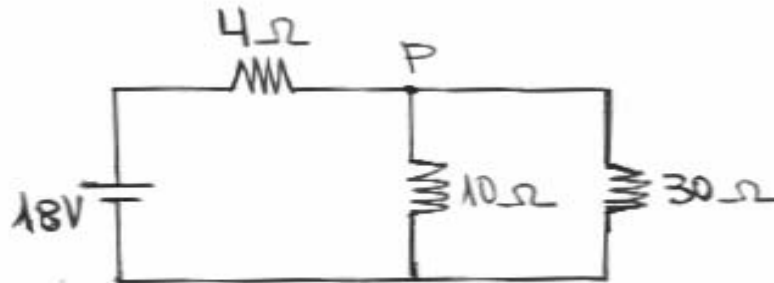
9.0 No circuito abaixo, calcular o valor da corrente total.

## EXERCÍCIOS CIRCUITO ELÉTRICO: SÉRIE, PARALELO, MISTO.



$$V = RI \quad I = \frac{V_t}{R_e} \quad R_e = \frac{24}{3} = 8 \, \Omega \quad I_t = \frac{16 \, V}{8 \, \Omega} = 2 \, A$$

10.0 No circuito abaixo, calcular o valor da corrente total.



$$R_e = 4 + \frac{10 \times 30}{10 + 30} = 4 + \frac{300}{40} = 4 + 7,5 = 11,5 \, \Omega$$

$$I_t = \frac{V_t}{R_t} = \frac{18 \, V}{11,5} = 1,56 \, A$$

## POTÊNCIA ELÉTRICA

Qualquer aparelho elétrico é caracterizado pela sua potência, a qual é função da tensão em seus bornes e da intensidade da corrente que pôr ele passa.

Potência Elétrica é a energia elétrica consumida ou produzida na unidade de tempo.

A potência elétrica tem como unidade o Watt, que é representado pela letra W.

A potência elétrica é calculada pela seguinte equação:

$$P = V \cdot I \text{ [W]} \quad (I)$$

P = Potência [W]  
V = Tensão [V]  
I = Corrente [A]

Pôr dedução temos que:

$$V = R \cdot I$$

Substituindo em ( I ) temos:

$$P = RI \cdot I = RI^2 \text{ [W]}$$

Temos também que:

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

Substituindo em ( I ) novamente:

$$P = V \cdot \frac{V}{R} = \frac{V^2}{R} \text{ [W]}$$

Para potências grandes e muito grandes, usam-se os seguintes múltiplos do Watt:

**QUILOWATT (KW) = 1.000 W e o MEGAWATT (MW) = 1.000.00**

Para potências pequenas e muito pequenas, usam-se os seguintes submúltiplos:

**MILWATT (mW) = 0,001 watt**

**MICROWATT ( $\mu\text{W}$ ) = 0,000 001**

O instrumento empregados nas medidas de potência elétrica é o **Wattímetro**, que mede ao mesmo tempo a tensão e a corrente, indicando o produto desses dois fatores. Pôr esse motivo, o wattímetro deve ser simultaneamente, ligado em paralelo( à parte que mede a corrente).

## **EXERCÍCIO SOBRE : POTÊNCIA**

- 1.0 A corrente através de um resistor de  $100 \Omega$  a ser usado num circuito é de 0,20 A calcule a potência do resistor.  
R: 4 W .**
- 2.0 Quantos quilowatts de potência são liberados a um circuito pôr um gerador de 240 V, que fornece 20 A ao circuito.  
R: 4.800 W .**
- 3.0 A tensão resistor de  $25.000 \Omega$  é de 500V.  
Qual a potência dissipada no resistor ?  
R: 10 W .**
- 4.0 Que tensão deve ser aplicada a um aquecedor de 600 W , para que solicite uma corrente de 12 A .  
R: 50 V .**
- 5.0 Um gerador de corrente contínua apresenta os seguintes dados: 150 KW e 275 V.  
Qual a sua corrente nominal ?  
R: 545,45 A .**
- 6.0 Qual é a corrente na antena quando um transmissor esta entregado a mesma uma potência 1000 W ?  
A resistência da antena é de  $20 \Omega$ .  
R: 7,07 A**
- 7.0 Qual a corrente máxima que pode passar pôr um resistir que apresenta as seguintes características:  $5000 \Omega$ , 200 W.  
R: 0,2 A**
- 8.0 Calcule a corrente exigida pôr uma lâmpada incandescente de 60 W ligada em uma tensão de 120 V.  
R: 0,5 A .**

9.0 Calcule a potência elétrica dissipada por uma lâmpada de filamento de  $240 \Omega$ . Ao ser submetida a uma DDP de  $120 \text{ V}$ .

R:  $60 \text{ W}$

10.0 Uma companhia residencial tem uma resistência de  $8 \Omega$  e precisa de uma corrente de  $1,5 \text{ A}$  para funcionar.

Determinar a tensão e a potência necessária para que a companhia toque?

R:  $12 \text{ V}$  e  $18 \text{ W}$ .

11.0 Um ferro elétrico consome uma potência de  $500 \text{ W}$ , quando submetido a uma tensão de  $100 \text{ V}$ .

Calcule a resistência elétrica.

R:  $20 \Omega$ .

12.0 Um aparelho elétrico solicita  $5 \text{ A}$  de  $100 \text{ V}$ . Calcular sua resistência, e a sua potência do aparelho.

R:  $500 \text{ W}$  e  $20 \Omega$ .

# PILHAS e BATERIA

**Definição:**

**Bateria** é a denominação dada a um conjunto de pilhas, ligados entre si, destinado a fornecer uma força eletromotriz mais alta ou uma maior quantidade de energia do que uma só pilha forneceria.

Ligam-se as pilhas de dois modos, formando baterias em série ou paralelo.

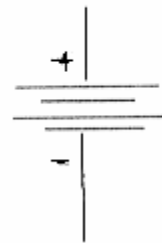
**Simbologia:**

Simbolo :

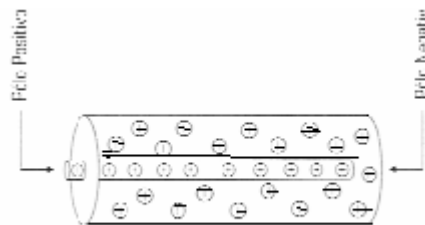
Pilha



Bateria



**Funcionamento da Pilha:**



Uma pilha funciona justamente fazendo com que um de seus pólos o negativo possua um excesso de elétrons, enquanto que o outro pólo o positivo possua falta de elétrons.

Dessa forma em um circuito eletrônico, a pilha funciona como uma bomba, empurrando elétrons de um lado ( de seu pólo negativo) e puxando para outro lado ( o seu pólo positivo), passando antes pelo circuito que se deseja alimentar.

Quando uma pilha está alimentando um circuito, há um caminho para circulação da corrente entre o pólo positivo e o negativo, criando um fluxo de elétrons que é a corrente elétrica.

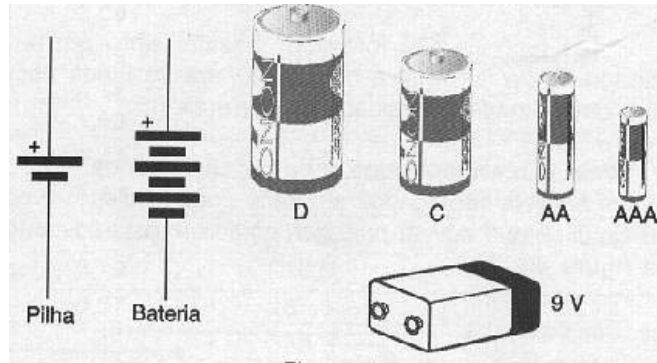
Se o caminho for interrompido não há caminho entre o pólo positivo e o negativo e com isso, não há corrente elétrica.

O tamanho da pilha diz o quanto de corrente elétrica a pilha pode fornecer, ou seja o tempo que a pilha dura, ou seja a autonomia da pilha, outro fator diz respeito ao material da pilha como pilhas em alcalina, dura mais que as pilhas carvão-zinco (pilhas mais comuns) ou pilha seca.

Existem pilhas e baterias com varias tensões como; 1,5V, 3V, 6V, 9V, 12V.

A pilha é formada basicamente por dois metais diferentes, que são imersos em algum tipo de substância química.

As pilhas de acordo com o seu tamanho pode receber a designação de AA, AAA, C, D.



As pilhas comuns não são recarregáveis, o quer dizer que uma vez esgotadas devem ser jogado fora, em local adequado para não contaminarem o meio ambiente.

No entanto existem pilhas que são recarregadas são as pilhas de nicard (níquel-cádmio).

Essas pilhas podem ser carregadas fazendo-se circular uma corrente através delas, utilizando para tal um carregador.

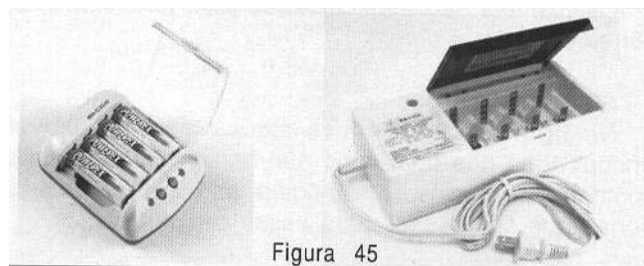


Figura 45

**Especificação:**

**Tipo de pilha.**

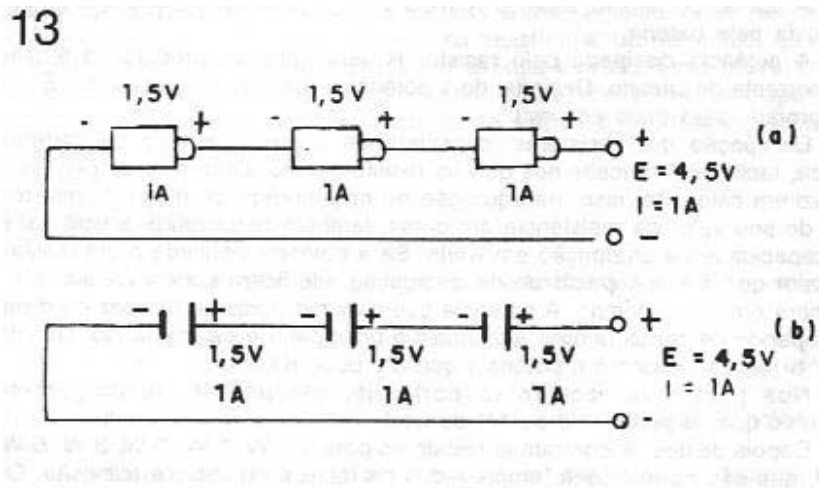
**Tensão da pilha.**

**Amperês-hora ou AH , ---significa saber por quantas horas a pilha ou bateria pode fornecer uma determinada quantidade de energia.**

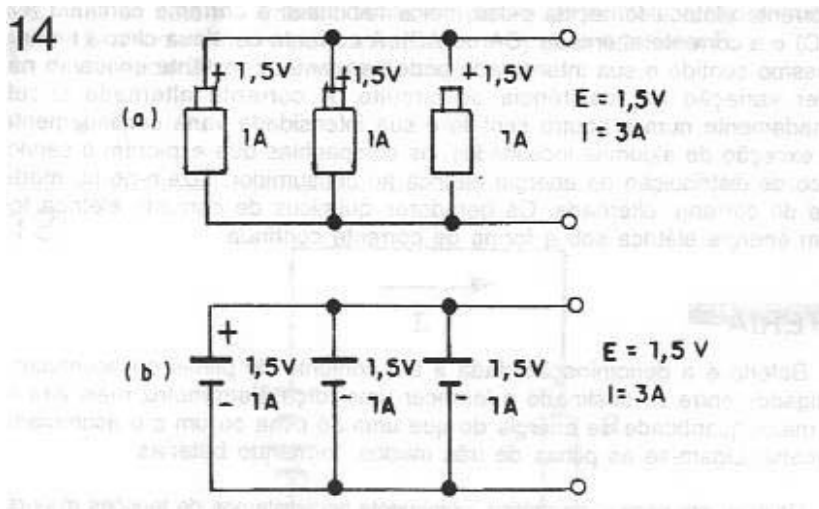


**Ligação em série** – na prática, geralmente necessitamos de tensões maiores do que a fornecida por uma única pilha. Nesse caso, ligamos várias pilhas em série, conforme ilustra a figura 13.

Obs: Na ligação de pilhas em série a tensão da bateria é igual à soma das tensões das pilhas que formam o conjunto, porém, a corrente máxima que se pode obter é à corrente máxima que pode ser fornecida por uma única pilha. Em outras palavras: na ligação de pilhas em série as tensões se somam e as correntes não se somam.



**Ligação em paralelo** – desejando-se utilizar uma tensão igual à tensão dada por uma única pilha e uma corrente  $I_t$  superior à corrente de uma única pilha, as mesmas deverão estar em paralelo, conforme ilustra a figura 14.



## EXERCÍCIO SOBRE: PILHAS E BATERIAS

1.0 O que é Bateria ?

R: É um conjunto de pilhas ou acumuladores, ligados entre si, destinados a fornecer maior quantidade de energia do que uma só pilha forneceria.

2.0 Quais os modos que se ligam as Baterias?

R: Série ou Paralelo

3.0 Qual o objetivo em ligar as pilhas em série?

R: Para se obter uma tensão maior, do que se obteria com uma só pilha.

4.0 Como se obtém a corrente total de várias pilhas ligadas em série?

R: É o valor da corrente fornecido pôr uma das pilhas.

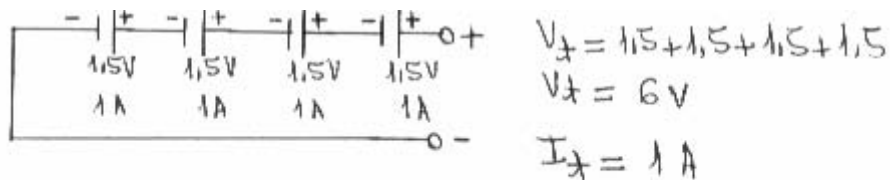
5.0 Como se obtém a tensão total de várias pilhas ligadas em série?

R: É a soma das tensões de cada pilha.

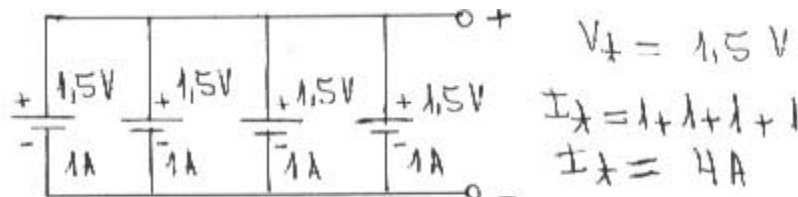
6.0 Qual o objetivo em ligar as pilhas em paralelo?

R: Quando se desejar obter o valor da tensão igual de uma pilha e uma corrente total maior que o valor da pilha.

7.0 Calcular o valor da tensão e da corrente no circuito série das pilhas.



8.0 Calcular o valor da tensão e da corrente no circuito paralelo das pilhas.



# INSTRUMENTOS DE MEDIDA.

## INTRODUÇÃO.

Na prática é muito bom saber medir corretamente as grandezas associadas a um circuito elétrico, já que cada uma delas pode ter seu valor determinado através de uma leitura direta no correspondente aparelho medidor.

Assim, um amperímetro mede a intensidade da corrente elétrica, um voltímetro mede a diferença de potencial ( tensão elétrica ou voltagem ), um ohmímetro mede a resistência elétrica , um wattímetro mede a potência que é usada em um circuito, etc.

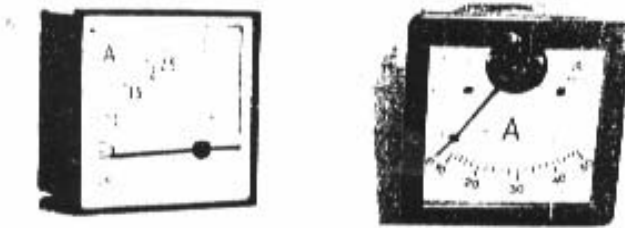
## 1. AMPERÍMETRO

O amperímetro é um aparelho destinado a registrar a intensidade da corrente elétrica que percorre um trecho de circuito.

Para fazer medições de intensidade de corrente elétrica., de acordo com o símbolo de medição estampado na escala. Ele pode ser em ampère (A), miliampère (mA) , microampère ( $\mu$ A), e kiloampère (KA).

Quando a medição de intensidade é feita em miliampère, teremos p Miliamperímetro.

Caso a medição seja feita em kiloampère, teremos o Kiloamperímetro.



Para que sua leitura seja correta, é necessário que:

O amperímetro seja instalado em série no trecho onde se deseja determinar a intensidade da corrente elétrica.

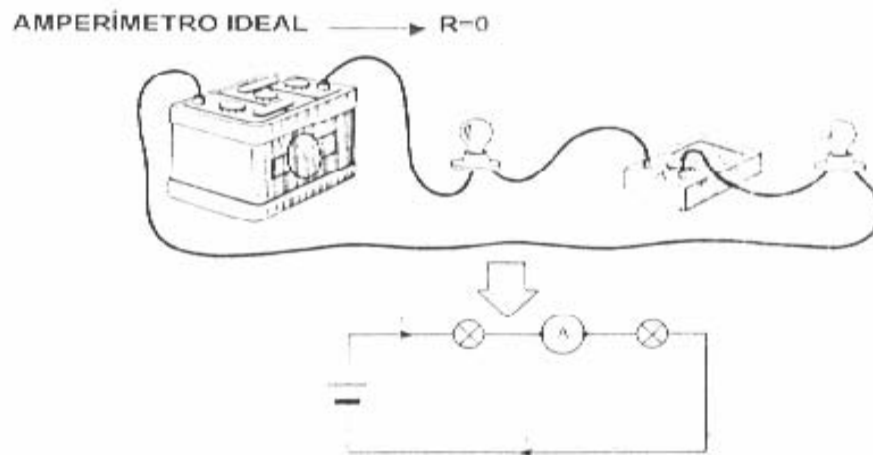
A resistência elétrica do amperímetro seja praticamente desprezível, a fim de não influir na resistência elétrica do trecho.

## OBSERVAÇÕES:

maior intensidade de corrente que um aparelho medidor pode registrar é denominada fundo de escala desse aparelho. Assim, por exemplo um amperímetro que tenha fundo de escala de 100 A pode registrar intensidade de correntes elétrica de até 100 A.

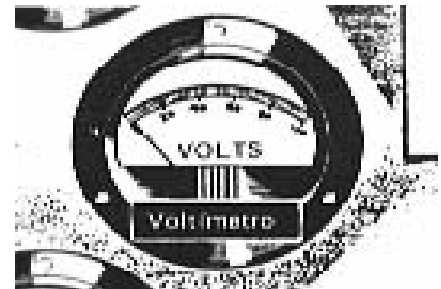
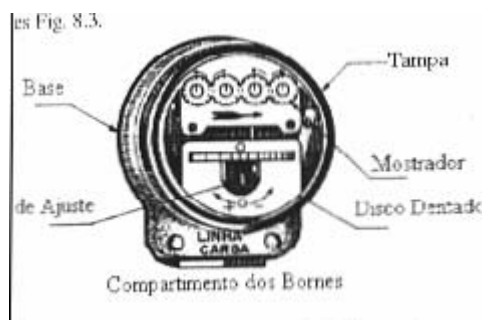
Amperímetro ideal é aquele que possui resistência elétrica interna desprezível, em comparação com as resistências elétricas dos elementos do circuito no qual ele se encontra inserido.

→ **AMPERÍMETRO IDEAL**       $R=0$



## 3.0 VOLTÍMETRO

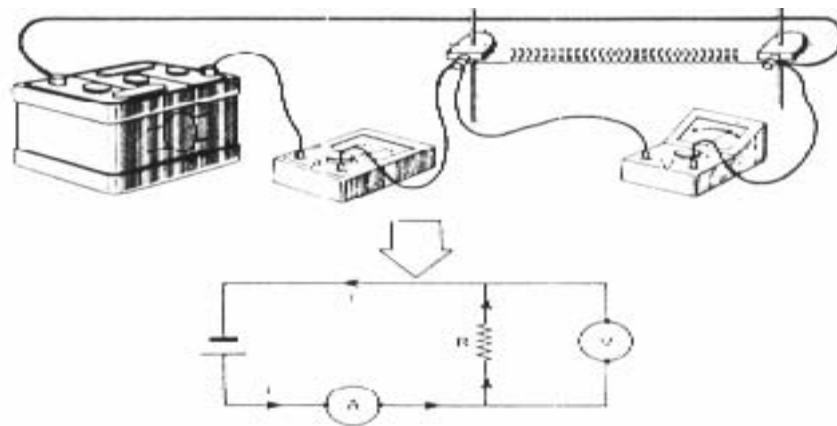
O voltímetro é um aparelho destinado a registrar a diferença de potencial entre os terminais de um trecho de circuito elétrico.



Para que sua leitura seja correta, é necessário que:

O voltímetro seja instalado em paralelo com o trecho onde se deseja determinar a diferença de potencial.

A resistência elétrica do voltímetro seja praticamente infinita, a fim de não desviar corrente elétrica do trecho em estudo e, conseqüentemente, não alterar a correspondente DDP.



#### OBSERVAÇÕES:

Voltímetro ideal é aquele que possui resistência elétrica interna tão elevada (resistência infinita) que pôr ele não passa praticamente qualquer corrente elétrica. Assim.

VOLTÍMETRO ideal  $\longrightarrow$  resistência infinita.

#### 4.0 OHMÍMETRO.

- ohmímetro é um aparelho que permite medir a resistência elétrica de um elemento ou de um circuito, indicando o valor da referida resistência elétrica numa escala calibrada em ohms. É também usado no teste de continuidade, no valor de resistências ou de fugas de circuitos ou de componentes defeituosos.

- **OPERAÇÃO DO OHMÍMETRO.**

Unem-se os bornes A-B (pontas de prova do ohmímetro) fechando o circuito, e gira-se o botão de ajustes de ohms até que o ponteiro indique o fim da escala (zero ohms), visto que nestas condições a resistência entre as pontas de prova A-B aos terminais é nula.

Encostando agora as pontas de prova A-B aos terminais de uma resistência a medir, o instrumento indicará a passagem de uma corrente determinada, que corresponde ao valor ôhmico dessa resistência e é indicado na escala de ohms.

Para calibrar a escala de ohms de leitura direta, encostam-se as pontas de prova e ajusta-se o potenciômetro  $R_1$  a deflexão máxima. Deste modo, a resistência é igual a zero ohms. Dizemos zero, porque, neste caso, entre os pontos A e B não há resistência interposta, mas sim um contato elétrico direto.

## 5.0 WATTÍMETRO.

Este aparelho possibilita a medição do número de watts ou a energia absorvida pôr um circuito. Para medir a energia , os enrolamentos estão insolados entre si; um deles trabalha com uma bobina de tensão e outro trabalha com uma bobina de corrente.

A bobina de corrente, está em série com o circuito( amperimétrico) a bobina de tensão pôr sua vez em paralelo com o circuito como se fosse um voltímetro.

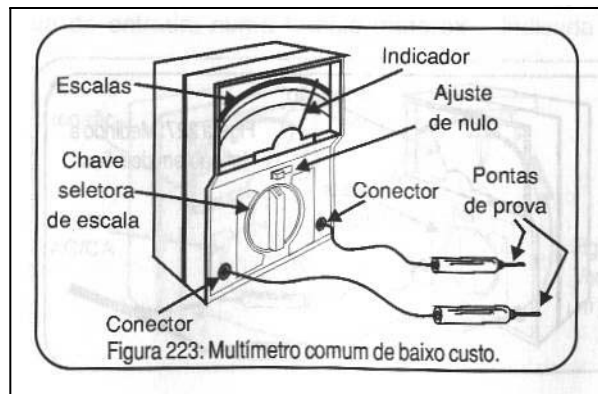
Um bom exemplo de wattímetro é o medidor de quilowatt-hora, também conhecido como relógio, usados em todas residências, lojas e indústria (ver fig. 8.3).

## 6.0 Multímetro

O multímetro ou multíteste ou VOM sempre foi um aparelho típico do reparador de televisores, ou seja, do técnico eletrônico.

No entanto, a queda constante do preço deste tipo de instrumento e a entrada no mercado de tipos populares indicados para os mais diversos trabalhos, tornaram-no também indispensável para o eletricitista, mesmo o amador.

Com a possibilidade de medir e testar instalações elétricas, componentes e aparelhos eletrodomésticos, o multímetro é de grande importância para todos os que desejam fazer trabalhos elétricos.



a fig. 223 temos um exemplo de multímetro de baixo custo, indicado para uso de eletricitista.

Este é o tipo de aparelho que recomendamos aos nossos leitores e que ensinaremos como usar neste capítulo. Conforme podemos ver, este multímetro contém um indicador com um ponteiro que corre em diversas escalas.

Estas escalas correspondem às grandezas elétricas que o multímetro pode medir e que são:

- a) resistências
- b) tensões contínuas
- c) tensões alternadas
- d) correntes

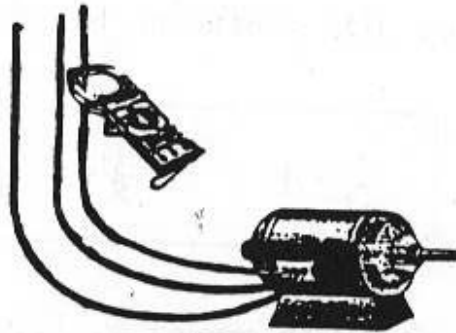
Alguns tipos sofisticados podem medir outras grandezas como, pôr exemplo, fazer o teste de continuidade, teste de transistores, medir capacitâncias, indutâncias, freqüências, etc.

Evidentemente, quanto mais coisas o multímetro puder medir, maior será o seu custo, e mais preparo do usuário é exigido para explorar todos os seus recursos.

Vejamos como o multímetro mede cada uma dessas grandezas e onde ele pode ser útil para o eletricitista:

## 7.0 ALICATE AMPERÍMETRO.

O amperímetro-licate, além de medir a intensidade de corrente elétrica, mede outras grandezas e tem também múltipla escala. A sua ligação diferencia dos outros instrumentos apresentados, pois a sua garra deve envolver um condutor energizado.



### EXERCÍCIO SOBRE: INSTRUMENTOS DE MEDIDA

1.0 Definir o que vem a ser o aparelho MULTIMETRO ou MULTITESTER?

R: É o aparelho que mede tensão, corrente e resistência.

2.0 Qual o outro nome dado ao multímetro?

R: VOM, que significa (Voltímetro, ohmímetro e miliamperímetro).

3.0 Qual o nome do aparelho usado para medir corrente elétrica?

R: AMPERIMETRO.

4.0 A maior intensidade de corrente que um amperímetro pode medir é chamada de?

R: Fundo de escala do amperímetro.

5.0 O que é o amperímetro ideal?

R: É aquele que possui resistência interna desprezível (igual a zero).

6.0 Como deve ser ligado o amperímetro no circuito a ser medido?

R: O amperímetro deve ser instalado em série no trecho a ser medido.

7.0 Qual o nome do aparelho usado para medir tensão elétrica? R: VOLTIMETRO.

8.0 Como deve ser ligado o voltímetro no circuito a ser medido?

R: O voltímetro deve ser instalado em paralelo no trecho a ser medido.



9.0A maior intensidade de tensão que um voltímetro pode medir é chamada de ?  
R: Fundo de escala do voltímetro.

10.0 O que é o voltímetro ideal ?

R: É aquele que possui resistência interna infinita.

11.0 Qual o nome do aparelho usado para medir a resistência elétrica ?

R: OHMIMETRO.

12.0 Qual o nome usado para medir potência elétrica ?

R: WATIMETRO.

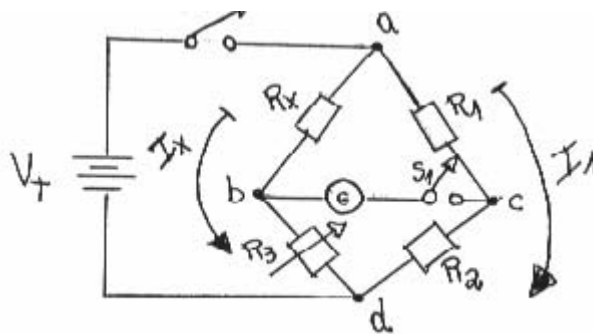
13.0 Para que serve a resistência chamada de SHUNT instalada em paralelo nos amperímetros ?

R: para protegê-lo de uma resistência a ser medida acima de sua capacidade. Para que serve o dispositivo chamada PONTE DE WHEASTSTONE ? R: Permite determinar o valor de uma resistência elétrica desconhecida ( $R_x$ ), de um dado resistor a partir de três resistores de resistência elétrica conhecidas

## PONTE RESISTIVA ( PONTE DE WHEASTSTONE).

A ponte de Wheatstone pode ser usada para medir uma resistência desconhecida  $R_x$ .

A chave  $S_2$  aplica a tensão da bateria aos quatro resistores da ponte. Para equilibrar a ponte, o valor de  $R_3$  é variável. O equilíbrio ou balanceamento é indicado pelo valor zero lido no galvanômetro  $G$  quando a chave  $S_1$  estiver fechada.



$R_x$  = RESISTOR DESCONHECIDO  
 $R_1/R_2$  = BRAÇO PROPORCIONAL  
 $R_3$  = RESISTOR PADRÃO

Quando a ponte é equilibrada, os pontos b e c devem estar ao mesmo potencial.

Portanto :

$$I_x R_x = I_1 R_1 \quad (1)$$

$$I_x R_x = I_1 R_2 \quad (2)$$

Divido as equações 1 e 2. Observe que  $I_x$  e  $I_1$  se simplificam.

$$\frac{I_x R_x = I_1 R_1}{I_x R_3 = I_1 R_2} \implies \frac{R_x}{R_3} = \frac{R_1}{R_2} \implies R_x = \frac{R_1 \cdot R_3}{R_2}$$

Resolvendo para  $R_x$ ;

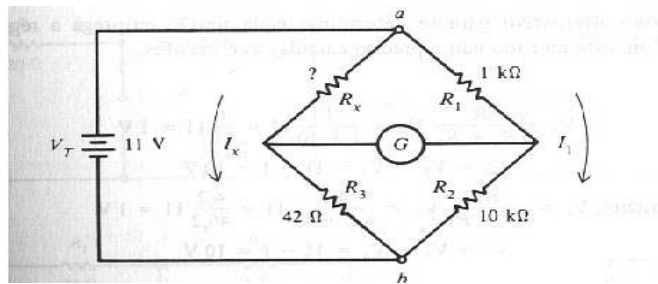
$$R_x = \frac{R_1 \cdot R_3}{R_2}$$

## EXERCÍCIOS SOBRE : PONTE RESISTIVA.

1) Precisa-se medir o valor de uma resistência desconhecida através de uma ponte resistiva. Se a razão  $R_1/R_2$  for  $1/100$  e  $R_3$  for 352 ohms quando a ponte está em equilíbrio. Determinar o valor da resistência desconhecida.

Solução;

$$R_x = \frac{R_1 \cdot R_3}{R_2} = \frac{1 \cdot 352}{100} = 3,52 \Omega$$



2) No circuito da Ponte de Wheatstone ou Ponte Resistiva a PONTE está em equilíbrio.

Calcule  $R_x$ ,  $I_x$ ,  $I_1$  e cada tensão.

1º PASSO ; Calculo de  $R_x$ .

$$R_x = \frac{R_1 \cdot R_3}{R_2} = \frac{1000 \cdot 42}{10.000} = 4,2 \Omega.$$

2º Passo ; calculo de  $I_x$  e  $I_1$  , através da queda de tensão dos terminais a, b.

$$I_x \cdot R_x + I_x \cdot R_3 = V_t \implies 4,2 I_x + 42 I_x = 11 V_t \implies 46,2 I_x = 11$$

$$I_x = \frac{11}{46,2} = 0,238 \text{ A}$$

$$I_1 \cdot R_1 + I_1 \cdot R_2 = V_t \implies I_1 \cdot 1.000 + I_1 \cdot 10.000 = 11 V_t \implies 11.000 I_1 = 11 V_t$$

$$V_t = \frac{11}{11.000} = 0,001 \text{ A}$$

3º PASSO ; calculo de cada tensão.

$$V_x = I_x \cdot R_x = 0,237 \times 4,2 = 1 \text{ V} \quad V_1 = I_1 \cdot R_1 = 0,001 \times 1000 = 1 \text{ V}$$

$$V_3 = I_x \cdot R_x = 0,237 \times 42 = 10 \text{ V} \quad V_2 = I_1 \cdot R_2 = 0,001 \times 10.000 = 10 \text{ V}$$

## LEI DE KIRCHHOFF PARA TENSÃO.

**Definição:** A tensão aplicada a um circuito fechado é igual à soma das quedas de tensão nesse circuito.

Tensão aplicada = soma das quedas de tensão.

$$V_a = V_1 + V_2 + V_3 + \dots$$

Onde:

$V_a$  = Tensão aplicada.

\_  $V_1, V_2, V_3$ , são as quedas de tensão.

\_ Os índices alfabéticos indicam as fontes de tensão.

\_ Os índices numéricos indicam as quedas de tensão.

\_ Adotar um sentido para a corrente partindo do terminal negativo da fonte, no sentido positivo da fonte, percorrendo todo o circuito.

\_\_ Adotando a regra;

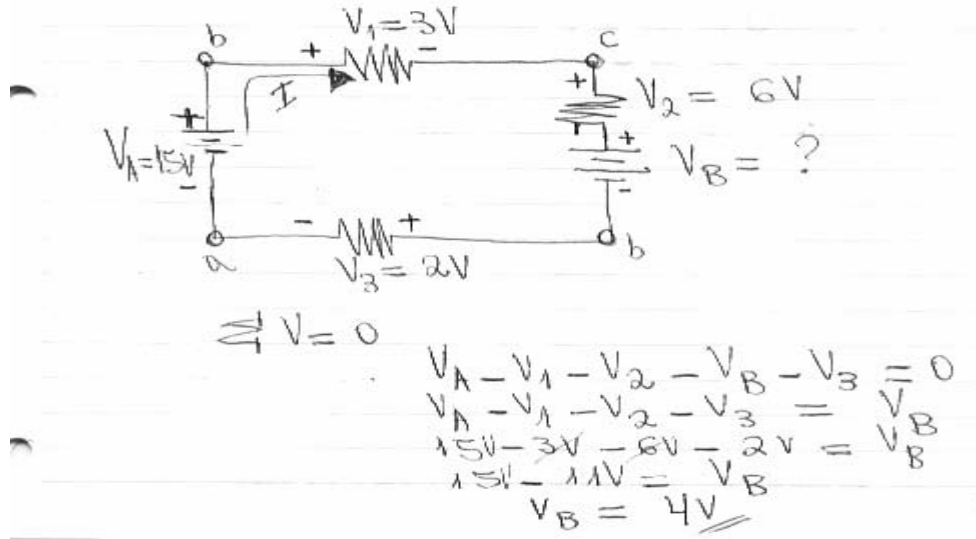
(+) para fonte de tensão, (-) para queda de tensão .

**Observação.**

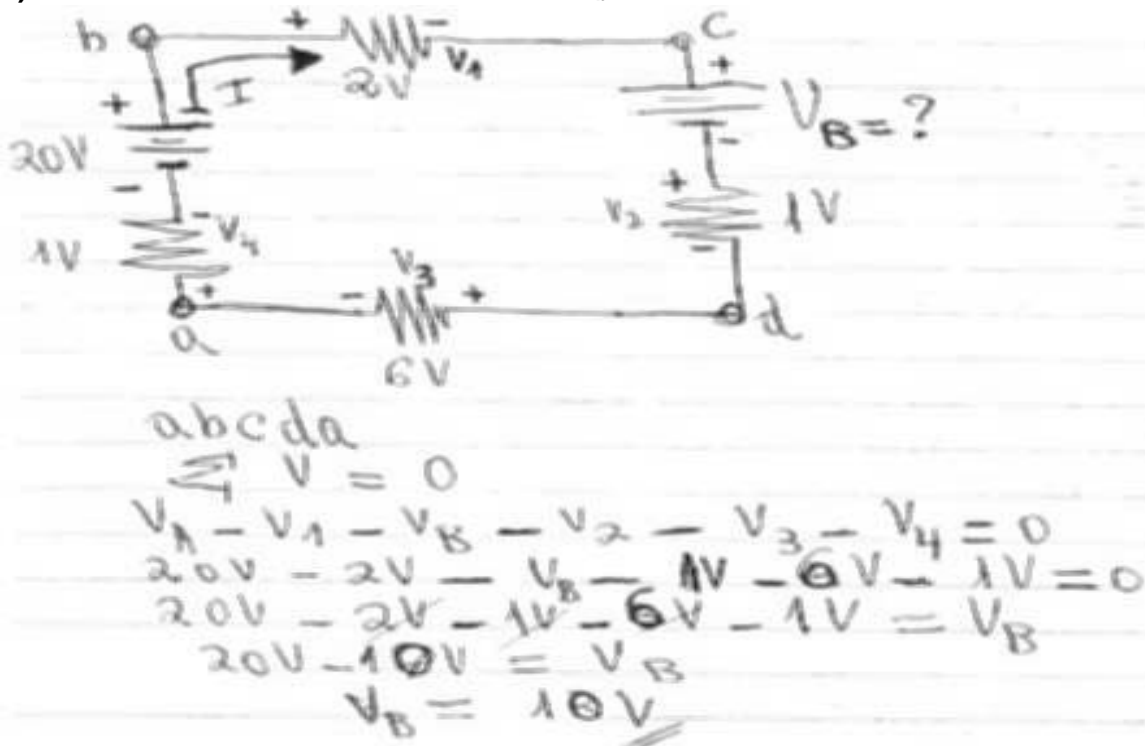
Após polarizar o circuito, adotar o sinal de saída em cada elemento (+ ou -) nas quedas de tensão.

## EXERCÍCIOS SOBRE: LEI DE KIRCHHOFF PARA TENSÃO.

Determine a tensão  $V_b$  no circuito abaixo .



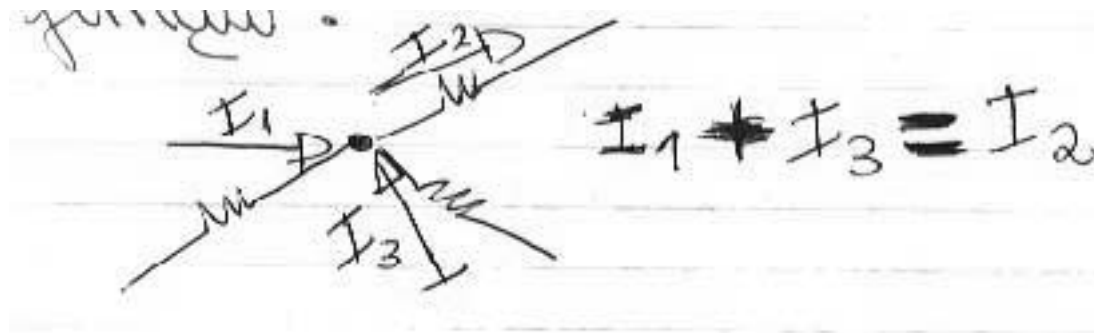
2) Determine a tensão desconhecida  $V_b$  no circuito abaixo .



## LEI DE KIRCHHOFF PARA CORRENTE.

### Definição:

A soma de todas as correntes que entram numa junção é igual a soma das correntes que saem da junção.



Vale lembrar quê:

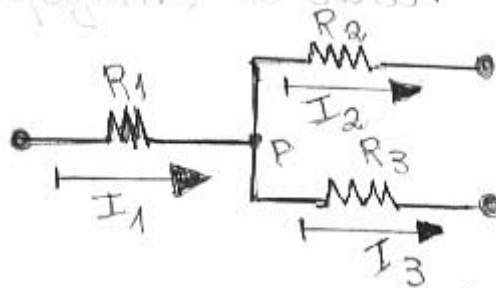
Considere as correntes que entram no nó (+), as que saem do nó negativa (-).

A soma algébrica de todas as correntes que se encontram em nó é igual a ZERO.

$$I_1 + I_2 + I_3 = 0$$

Exercício sobre: Lei de Kirchhoff para Corrente.

1.0 Escrever a equação para a corrente  $I_1$  na figura abaixo.

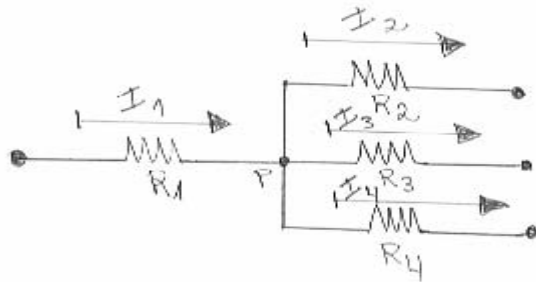


A soma das correntes que entram em um nó é igual as correntes que saem do nó.

$$I_1 = I_2 + I_3$$

Escrever a equação para a corrente  $I_1$  na figura abaixo.

A soma das correntes que entram em um nó é igual as correntes saem do nó.



$$I_1 = I_2 + I_3 + I_4$$

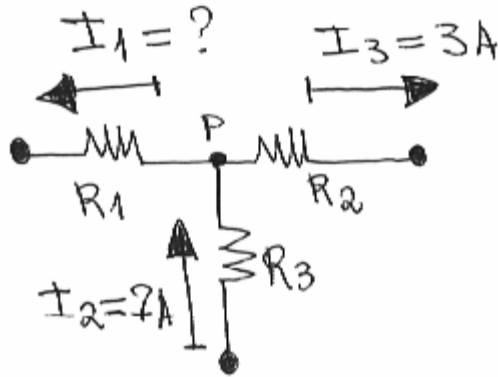
3.0 Calcule a corrente desconhecida na figura.

$$I_1 + I_3 = I_2$$

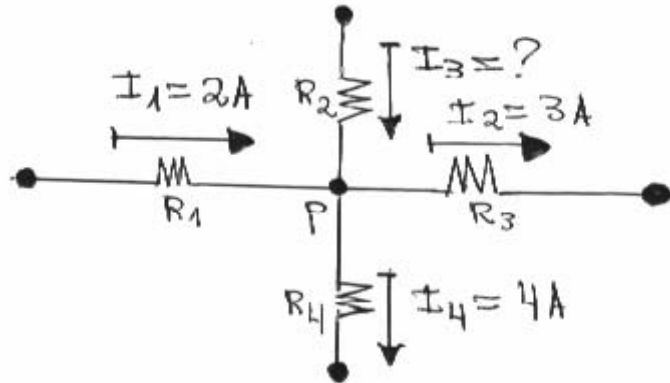
$$I_1 + 3A = 7A$$

$$I_1 = 7A - 3A$$

$$I_1 = 4A$$



4 - Calcule a corrente desconhecida na figura.

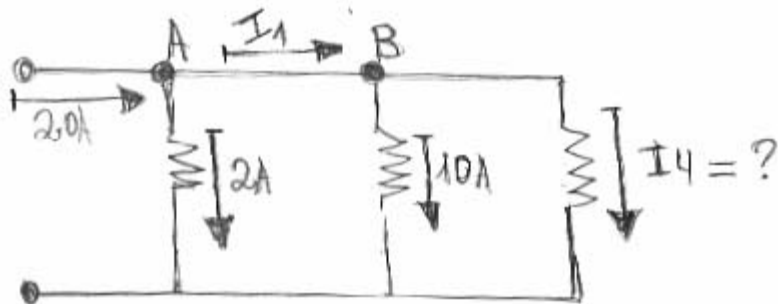


$$I_1 + I_2 + I_3 = I_4$$

$$2A + 3A + I_3 = 4A$$

$$I_3 = 4A - 2A - 3A$$

$$I_3 = 4A - 5A \rightarrow I_3 = -1A$$



5 Calcule as quantidades desconhecidas:

Calculo das correntes no nó A:

$$I_1 + 2 \text{ A} = 20 \text{ A}$$

$$I_1 = 20 \text{ A} - 2 \text{ A}$$

$$I_1 = 18 \text{ A}$$

Cálculo das no nó B;

$$10 \text{ A} + I_4 = I_1$$

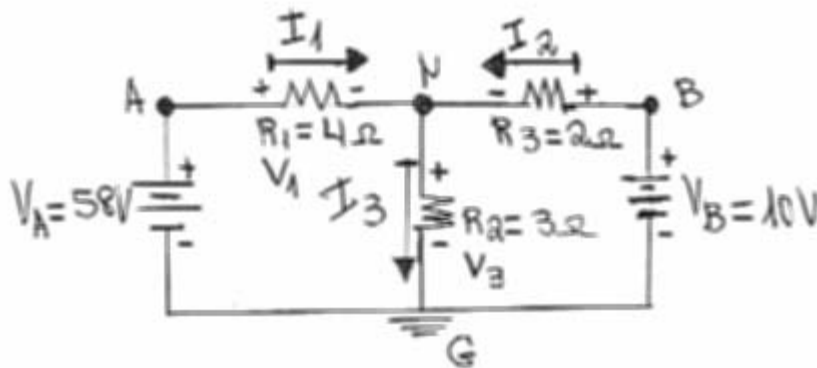
$$10 \text{ A} + I_4 = 18 \text{ A}$$

$$I_4 = 18 \text{ A} - 10 \text{ A} \quad I_4 = 8 \text{ A}$$

## LEI DOS NÓS.

### Procedimento:

- 1 Um nó é uma conexão comum a dois ou mais componentes.
- 2 Um nó principal possui 03 conexões ou mais.
- 3 A cada nó se associa uma letra ou um número.
- 4 Uma tensão de nó é a tensão de um dado nó com relação a um determinado nó chamado de nó de referência.
- 5 Escolha o nó G ligado ao terra do chassi como o nó de referência.
- 6 Escreve-se as equações dos nós para as correntes de modo a satisfazer a lei de Kirchoff para a corrente.



### EXEMPLO:

1º Passo:

Adote um sentido para as correntes.

Identifique os nós A, B, C, N, G.

Identifique a polaridade da tensão através de cada resistor de acordo com o sentido considerado para a corrente.

2º Passo:

Aplique a LKC ao nó principal e resolva as equações para obter  $V_n$ .

$$I_1 + I_2 = I_3$$

I

Aplicando a LEI DE OHM.

$$I_1 = \frac{V_a - V_n}{R_1} \quad I_2 = \frac{V_b - V_n}{R_3} \quad I_3 = \frac{V_n}{R_2}$$

Substituindo as expressões acima em I teremos:

$$\frac{V_a - V_n}{R_1} + \frac{V_b - V_n}{R_3} = \frac{V_n}{R_2}$$

$$\frac{58 - V_n}{4} + \frac{10 - V_n}{2} = \frac{V_n}{3} \quad \text{calculando o MMC entre 4,3,2, teremos 12.}$$

$$3 \times 58 - 3 \times V_n + 6 \times 10 - V_n \times 6 = 4 V_n$$

$$174 - 3 V_n + 60 - 6 V_n = 4 V_n$$

$$-3 V_n - 4 V_n - 6 V_n = -60 - 174$$

$$-13 V_n = -234$$

$$V_n = \frac{234}{13} = 18 \text{ V}$$

Substituindo o valor de  $V_n$  em II teremos:

$$I_1 = \frac{V_a - V_n}{R_1} = \frac{58 - 18}{4} = \frac{40}{4} = 10 \text{ A}$$

$$I_2 = \frac{V_b - V_n}{R_3} = \frac{10 - 18}{2} = \frac{-8}{2} = -4 \text{ A}$$

$$I_3 = \frac{V_n}{R_2} = \frac{18}{3} = 6 \text{ A}$$

$$\text{Prova: } I_1 + I_2 - I_3 = 0$$

$$I_1 + I_2 = I_3$$

$$+10 - 4 = 6$$

$$+6 = +6$$

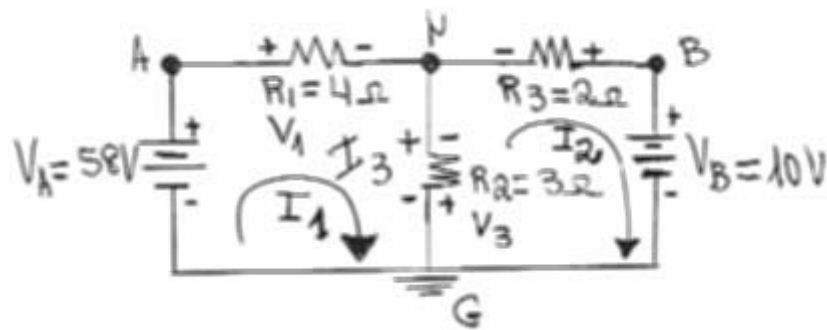
## LEI DAS MALHAS

**Malha:** é qualquer percurso fechado de um circuito que contenha ou não fonte de tensão.

**Procedimento:**

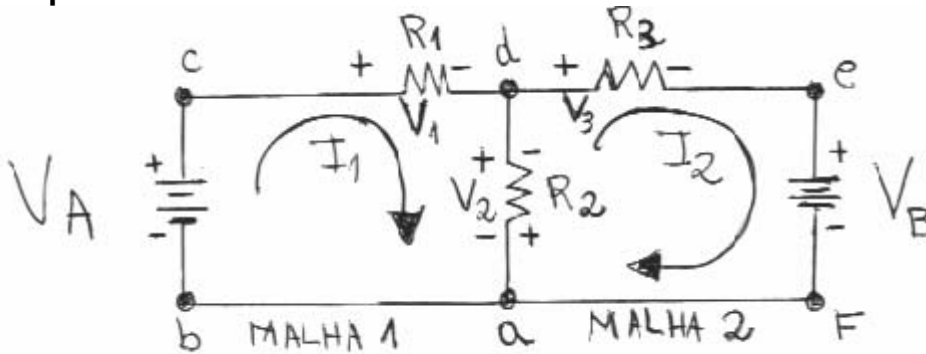
- 1 Escolher os percursos que formarão as malhas.
- 2 Cada malha com sua respectiva corrente.
- 3 As correntes de malha são indicadas no sentido horário.
- 4 A seguir aplica-se a Lei de Kirchhoff para tensão ao longo de cada malha.





5 As equações resultantes nos darão as correntes de cada malha

Exemplo:



Percurso fechado: abcda malha 1

Percurso fechado: adefa malha 2

Obs; corrente no sentido horário.

1º Passo:

Indicar a polaridade da tensão através de cada resistor de acordo com o sentido adotado para a corrente.

“O fluxo convencional de corrente num resistor produz uma polaridade positiva onde a corrente entra.”

2º Passo:

Aplique a Lei de Kirchhoff para a tensão (somatória de todas tensões são zero) ao longo de cada malha no sentido da corrente de malha.

Quando houver 02 correntes diferentes ( $I_1$ ,  $I_2$ ) fluindo em sentidos opostos através do mesmo resistor ( $R_2$ ) que é comum a ambas as malhas, devem aparecer 02 conjuntos de polaridade para este resistor ( $R_2$ )

Malha abcda: 1

$$V_a - I_1 R_1 - I_1 R_2 + I_2 R_2 = 0$$

$$V_a - I_1 (R_1 + R_2) + R_2 I_2 = 0$$

$$V_a = I_1 (R_1 + R_2) - R_2 I_2$$

Malha adefa: 2

$$I_2 R_2 - I_2 R_3 - V_b + I_1 R_2 = 0$$

$$-I_2 (R_2 + R_3) - V_b + I_1 R_2 = 0$$

$$-V_b = I_2 (R_2 + R_3) - I_2 R_2$$

3º Passo:

Cálculo de  $I_1$  e  $I_2$  resolvendo o sistema abaixo:

$$V_a = I_1 (R_1 + R_2) - I_2 R_2$$

$$V_b = -I_2 (R_2 + R_3) + I_1 R_2$$

Exemplo 2:

Calcule o valor das correntes  $I_1$  e  $I_2$ .

1º Passo:

Aplicar a somatória das tensões igual a zero na malha1 e malha2 percorrendo a malha no sentido da corrente de malha (sentido horário).

Malha1:

$$V_a - I_1 R_1 - I_1 R_2 + I_2 R_2 = 0$$

$$58 - I_1 \times 4 - I_1 \times 3 + I_2 \times 3 = 0$$

$$58 - 7 I_1 + 3 I_2 = 0$$

$$58 = 7 I_1 - 3 I_2$$

Malha 2:

$$-I_2 R_2 - I_2 R_3 - V_b + I_1 R_2 = 0$$

$$-I_2 \times 3 - I_2 \times 2 - 10 V + I_1 \times 3 = 0$$

$$-3 I_2 - 2 I_2 + 3 I_1 = 10 V$$

$$-5 I_2 + 3 I_1 = 10 V$$

Resolvendo o sistema:

$$58 = 7 I_1 - 3 I_2 \quad \times 5$$

$$10 = 3 I_1 - 5 I_2 \quad \times 3$$

$$290 = 35 I_1 - 15 I_2$$

$$30 = 09 I_1 - 15 I_2 \quad \times -1$$

$$290 = 35 I_1 - 15 I_2$$

$$\underline{-30 = -09 I_1 + 15 I_2}$$

$$260 = 26 I_1$$

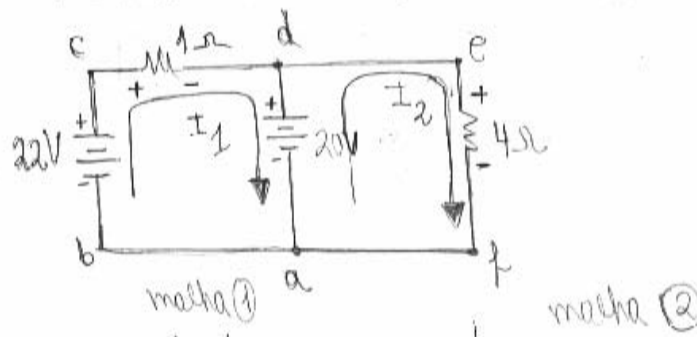
$$I_1 = \frac{260}{26} = 10 A$$

Substituindo 10A em  $10 = 3I_1 - 5 I_2$  para achar  $I_2$  teremos:

$$\begin{aligned}
 10 &= 3 \times 10 - 5 I_2 \\
 10 &= 30 - 5 I_2 \\
 10 - 30 &= -5 I_2 \\
 -20 &= -5 I_2 \\
 20 &= 5 I_2 \\
 I_2 &= \frac{20}{5} = 4 \text{ A}
 \end{aligned}$$

Exemplo 3:

Calcule as correntes  $I_1$  e  $I_2$ , usando o método das correntes de malha.



Malha 1

Malha 2

$$\begin{aligned}
 22 - I_1 \times 1 - 20 &= 0 \\
 22 - I_1 - 20 &= 0 \\
 2 &= I_1 \\
 I_1 &= 2 \text{ A}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 20 - 4 \times I_2 &= 0 \\
 -4 I_2 &= -20 \\
 I_2 &= \frac{-20}{-4} = 5 \text{ A}
 \end{aligned}$$

## TENSÃO CONTÍNUA.

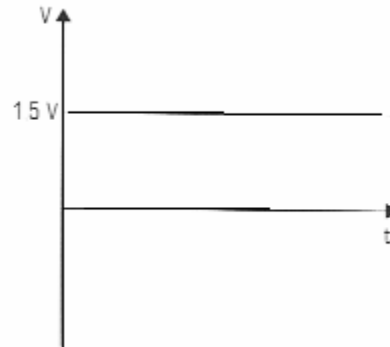
A tensão elétrica, que é o fluxo de elétrons se deslocando de um local para outro, só existe quando há diferença de potencial entre dois pontos, isto é quando um ponto está com excesso de elétrons e o outro está com falta de elétrons. A diferença de potencial ou a força que move os elétrons de um ponto ao outro é chamado de tensão elétrica.

A tensão fornecida por meio de produtos químicos como por exemplo uma pilha é chamada de tensão contínua.

Esse nome vem do fato de que a pilha fornece sempre a mesma tensão, de maneira fixa (é claro que essa tensão vai abaixando à medida que a pilha vai ficando fraca). O gráfico da figura abaixo, mostra o comportamento de uma pilha de 1,5 V ao longo do tempo.

Qualquer circuito capaz de fornecer tensão elétrica é chamado fonte de tensão ou fonte de alimentação. Uma pilha é, portanto uma fonte de tensão contínua. Vale lembrar que se a fonte de tensão é contínua a corrente também é contínua.

Figura 1.4  
Tensão contínua



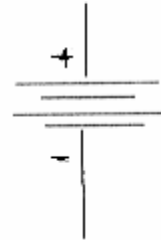
**Simbologia:**

Simbolo :

Pilha



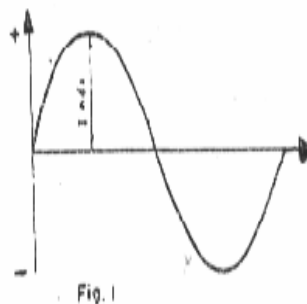
Bateria



## TENSÃO ALTERNADA.

Quando a corrente sai ora pôr um, ora pôr outro borne. Na fonte geradora, circula ora em um, ora em outro sentido, no circuito a fonte geradora de corrente alternada chama-se alternador.

Se representássemos, num gráfico, os valores da corrente num eixo vertical e o tempo horizontal, obteríamos uma curva, como a da fig.1, para a representação da variação da Corrente alternada.



Vemos ai que, no instante inicial, a corrente tem valor nulo, crescendo até um valor máximo, caindo novamente a zero; nesse instante, a corrente muda de sentido porém seus valores são os mesmos da primeira parte. O mesmo acontece com a tensão.

A essa variação completa, em ambos os sentidos, sofrida pela corrente alternada, dá-se o nome de ciclo. O número de ciclos descritos pela corrente alternada, na unidade de tempo, chama-se freqüência. Sua unidade é o Hertz. É medida em instrumentos chamados frequencímetros.

**Figura 1.15**  
Símbolos de tensão  
alternada.



Durante um ciclo, a corrente e a tensão tomam valores diferentes de instante a instante: esses são ditos valores momentâneos ou instantâneos, dentre os quais cumpre destacar o valor máximo ( $I_{\text{máx.}}$ ).

Entretanto, na prática, não é o valor máximo o empregado, e sim o valor eficaz. Pôr exemplo, um motor absorve uma corrente de 5A, que é o valor eficaz. Define-se como valor eficaz de uma corrente alternada o valor de uma corrente contínua que produzisse a mesma quantidade de calor na mesma resistência.

Esse valor é expresso pôr:  $I_{\text{ef}} = \frac{\sqrt{2}}{2} I_{\text{max}} = 0,707 I_{\text{max}}$

Por analogia, para a tensão, temos:  $E_{\text{ef}} = \frac{\sqrt{2}}{2} E_{\text{max}} = 0.707 E_{\text{max}}$

Tanto o voltímetro como amperímetro para corrente alternada medem valores eficazes.

Vale lembrar que se a fonte de corrente for alternada a corrente será alternada, de mesmo modo se a fonte de corrente for contínua a corrente será contínua.

**PMPO – Potência Máxima do Pico de Operação.**

**RMS – é a abreviatura de Root Mean Square, que podemos traduzir, Raiz Média Quadrática, que tem como definição:**

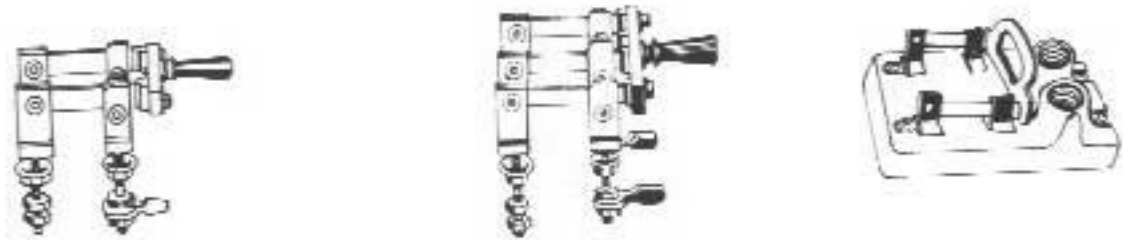
$$V_{\text{Eficaz}}^2 = \frac{1}{T} \int_0^{2\pi} V_{\text{Max}}^2 \times \text{Sen}^2 \theta dt$$

É o valor de tensão AC (corrente alternada) eficaz que corresponde a uma tensão DC (corrente direta) de mesma potência dissipada em uma mesma carga.

## MATERIAIS ELÉTRICOS.

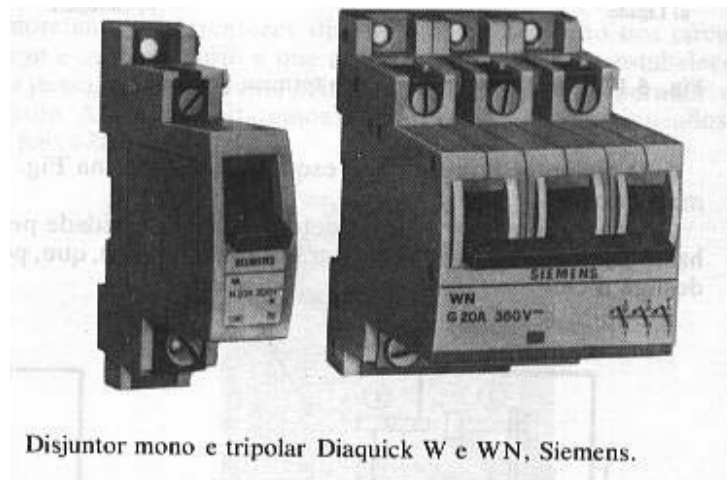
### MATERIAS DE SECCIONAMENTO DE CIRCUITO.

São dispositivos cuja função é seccionar um circuito, ou seja corta-lo, com a finalidade de separar um trecho para manutenção, desenergizar um aparelho ou cortar a energia de alimentação de um trecho em condição de curto-circuito.



### CHAVES SEPARADORAS.

São as dimensionada para interromper apenas pequenas correntes (devem ser abertas com o circuito desenergizado), apesar de poderem conduzir a corrente nominal para a qual foram fabricadas.



Disjuntor mono e tripolar Diaquick W e WN, Siemens.

### DISJUNTORES.

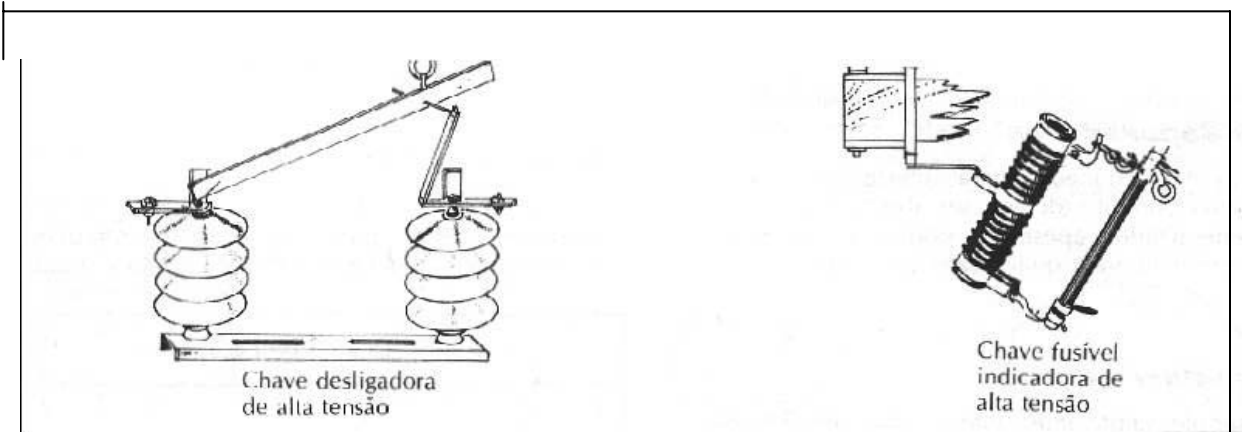
São dispositivos de seccionamento com capacidade para interromper não

apenas corrente nominal mais também corrente muito superior, em condições de falta (curto-circuito).

São utilizados em baixa tensão ou alta tensão com abertura em ar ou óleo.

Os disjuntores termomagnéticos de baixa tensão são os mais utilizados atualmente em quadros de distribuição, em lugar de chaves de faca com fusíveis. Tais disjuntores cumprem três funções bem distintas:

- Abrir e fechar os circuitos.
- Proteger a fiação ou os aparelhos contra sobrecarga, através de dispositivo térmico.
- Proteger a fiação contra curto-circuito, através de dispositivo magnético.

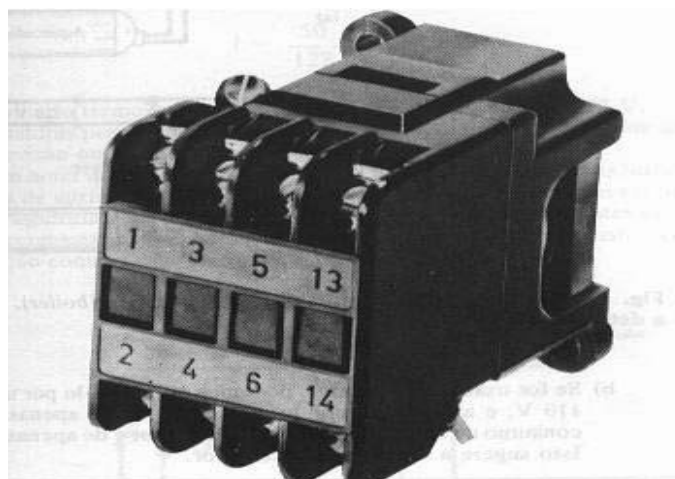


### CHAVE SECCIONADORA.

As chaves seccionadoras devem ser robustas com contatos que devem permitir a passagem de altas correntes sem sofrer aquecimento.

Encontramos este tipo de chaves nas subestações de A T que em sua maioria são de acionamento automático.

Nas linhas de distribuição existem chaves seccionadoras de acionamento manual.



## CONTADORES.

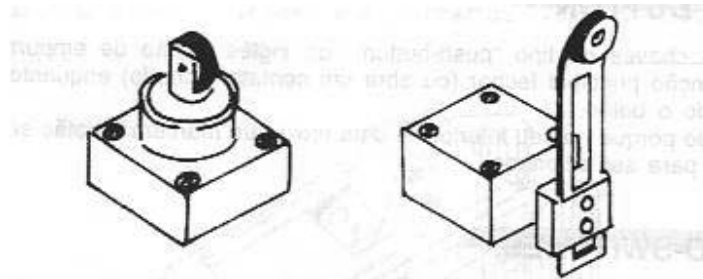
Os contadores, também chamados de ou telerruptores, são chaves magnéticas que permitem o comando de um circuito à distância, ligando ou desligando um circuito sob carga.

Podem ser acompanhados de relés de proteção contra sobrecarga, vindo então a constituir um disjuntor. Possuem contatos auxiliares para comando, sinalização e outras funções.

## CHAVE FIM DE CURSO.

Um equipamento eletro-mecânico automático que utiliza uma ferramenta que deve repetir a operação no local onde desejamos que a operação seja interrompida, atua uma chave que desliga o equipamento ou inverte a operação.

Por esta chave estar localizada exatamente no ponto de inversão da operação ou parada, é chamada de chave fim de curso.



## FUSÍVEIS.

É composto de um corpo de material isolante dentro do qual encontra-se o elemento de fusão (ou seja o elo de fusão) que tem a função de interromper o circuito em condições anormais.

Pode ser do tipo: rolha, cartucho, faca, diazed, NH.

Especificação do fusível:

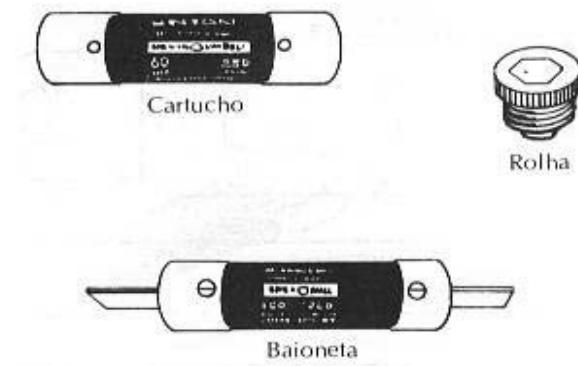
- a) Tensão nominal, é o valor da tensão máxima onde o fusível será empregado.
- b) Corrente nominal, é o valor da corrente ao qual o fusível não deve apresentar aquecimento excessivo.
- c) Corrente de curto-circuito, é a corrente máxima que pode circular no circuito, e que deve ser desligada instantaneamente.
- d) Resistência de contato, depende do material e da pressão exercida. A resistência de contato entre a base e o fusível é a responsável por eventual aquecimento, devido à resistência oferecida na passagem da corrente.

Classificação dos fusíveis:

Fusível rápido e retardado.

- a) Fusível rápido é empregado onde o circuito não ocorre variação considerável de corrente entre a fase partida e o regime normal de funcionamento. Ex. lâmpadas.
- b) Fusível retardado é utilizado em circuito onde ocorre variação de corrente considerável. Ex. partida de motores.



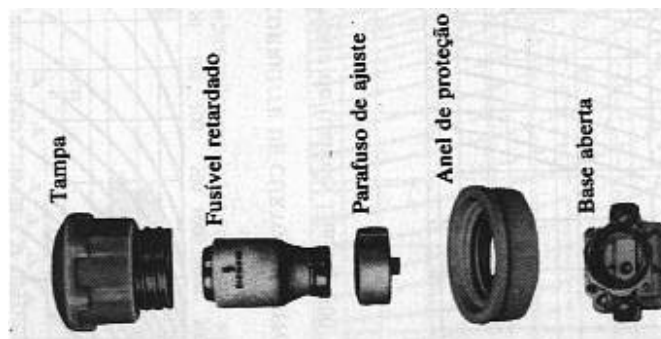


### FUSÍVEL TIPO ROLHA.

São fabricados desde 6 a 30 Ampères. Atualmente vem sendo desativado, devido a sua substituição por disjuntores.

### FUSÍVEL CARTUCHO.

São de dois tipos: cartucho tipo virola e cartucho tipo faca. Cartucho tipo virola são fabricados desde 10 a 60 Ampères. Cartucho tipo faca são fabricados desde 80 a 600 Ampères.



### FUSÍVEL DIAZED.

Os fusíveis limitadores de corrente diazed devem ser utilizados preferencialmente na proteção dos condutores de redes de energia elétrica e circuito de comando. São fusíveis retardados e apresentam elevada capacidade de ruptura. Corrente nominal varia de 2 a 63 A e corrente de curto-circuito de até 70.000 A. Podemos ter dois tipos de fusível diazed:

**Diazed tipo rápido:** o elemento fusível funde rapidamente com a passagem da corrente de curto-circuito.

**Diazed tipo retardado:** possui um tempo de fusão em função da corrente de curto-circuito, maior do que o diazed rápido.

### FUSÍVEL NH.

São limitadores de corrente, reúnem as características de fusível retardado, para corrente de sobrecarga, e de fusível rápido para corrente de curto-circuito.

Protegem os circuitos contra curto-circuito e também contra sobrecargas de curta duração, como acontece na partida de motores de indução.

Fabricam-se fusíveis de 6 até 1000 A .

Não devem ser retirados ou colocados, com a linha em carga.

Para remover o fusível do circuito, existe uma ferramenta chamada punho.



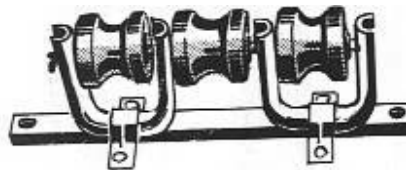
## ISOLADORES.

Nas linhas abertas, nas quais os condutores não são contidos em eletrodutos, calhas, ou canaletas, há necessidade de fixá-los às estruturas por isoladores. Estes são de variados tipos e tamanhos, a fim de melhor cumprirem sua finalidade; apoiarem e fixarem os condutores às estruturas e isola-los eletricamente das mesmas.

Tipos de isoladores:

### ISOLADORES DE CARRETEIS.

São isoladores de porcelana para uso ao tempo ou abrigado em instalação de baixa tensão. As armações verticais possibilitam as fixações em parede ou poste.



### ISOLADORES DE PINO.

São usados para ampla faixa de tensões de serviço, para uso ao tempo ou abrigado. São usados em linhas aéreas fixadas a postes ou torres metálicas.



### ISOLADORES DE CADEIA.

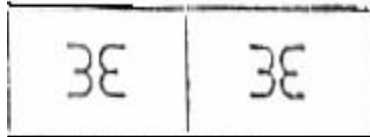
Em linhas de transmissão, nas quais a tensão é muita elevada, usam-se pincas de isoladores de suspensão que podem ter vários metros e ser construídas de mais de dez isoladores. Esses isoladores são de porcelana ou de vidro temperado e podem ser associados em série, formando as pincas.

# TRANSFORMADORES.

## Aplicação:

Quando se torna necessário modificar os valores da tensão e da corrente de uma FEM ou rede de energia elétrica, usamos um transformador.

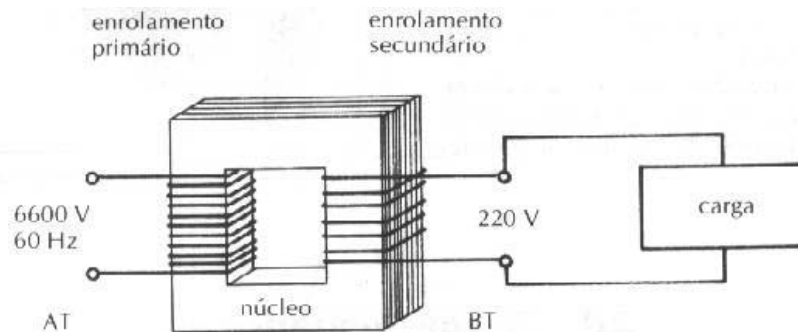
Símbolo Geral, norma ANSI, IEC e ABNT.



## Definição:

O transformador é um aparelho estático, constituído essencialmente de dois enrolamentos isolados entre si, montados em torno de um núcleo de chapas de ferro.

O enrolamento que se liga à rede ou fonte de energia é chamado primário; o outro, no qual apareçam os valores da tensão e da corrente modificados, é chamado secundário.



## Funcionamento dos transformadores:

As variações da corrente alternada aplicada ao primário produzem um fluxo magnético variável, que induz no enrolamento secundário uma FEM que será proporcional ao número de espiras do primário ( $N_p$ ) e do secundário ( $N_s$ ). Essa proporção é chamada RELAÇÃO DE TRANSFORMAÇÃO. A tensão, a corrente e as espiras entre o primário e o secundário de um transformador são determinadas pelas seguintes igualdades:

$$\frac{E_P}{E_S} = \frac{I_S}{I_P} = \frac{N_P}{N_S}$$

$E_p$  – tensão no primário

$I_p$  – corrente no primário

$E_s$  – tensão no secundário

$I_s$  – corrente no secundário

$N_p$  – número de espiras no primário

$N_s$  – número de espiras no secundário

Um transformador não gera energia elétrica. Ele simplesmente transfere energia de um enrolamento para outro, pôr indução magnética. As perdas verificadas nessa transferência são relativamente baixas, principalmente nos grandes transformadores.

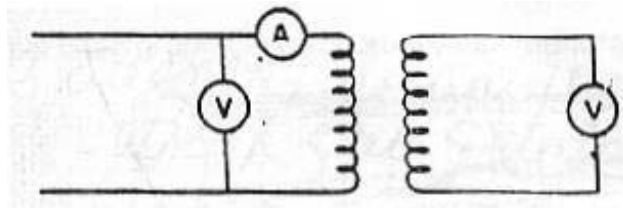
A percentagem de rendimento de um transformador é determinada pela seguinte equação:

$$\frac{P_{ws} \times 100}{P_{wp}}$$

$P_{wp}$

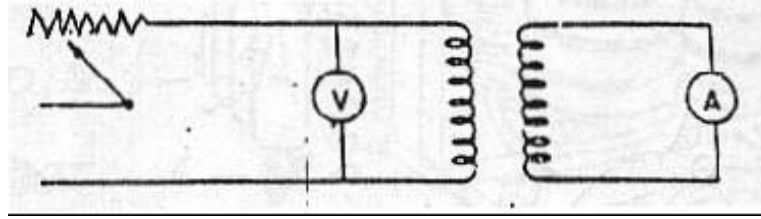
Quando desejamos comprovar a boa qualidade de um transformador, devemos submetê-lo a vários ensaios. Neste capítulo trataremos apenas dos ensaios de FUNCIONAMENTO A VAZIO (sem carga) e em curto-circuito de FUNCIONAMENTO COM CARGA TOTAL (plena carga).

No ensaio de funcionamento a vazio, o primário do transformador é ligado a uma fonte com tensão e freqüência indicadas pelo fabricante. Um voltímetro é ligado ao primário e outro ao secundário. As indicações desses instrumentos nos darão a razão do número de espiras entre o primário e o secundário. Um amperímetro ligado ao primário indicará a corrente a vazio (fig.2).



Como a perda  $I^2R$  (perda no cobre ou perda de joule), com o transformador sem carga, é menor que  $1/400$  da perda com carga total, consideramos irrelevante essa perda. A corrente indicada no amperímetro representa a perda no núcleo e é normalmente inferior a 5% da corrente com carga total, quando o núcleo é de boa qualidade. A perda no núcleo é também chamada PERDA NO FERRO.

O ensaio do transformador com carga total é feito da seguinte maneira (fig.3).



Liga-se um amperímetro em curto-circuito ao secundário e alimenta-se o primário com uma fonte, usando-se um reostato ou um varivolt, e um voltímetro, que indicará a tensão aplicada ao primário. Opera-se o reostato ou o varivolt, até que o amperímetro indique a corrente de carga total.

Já vimos a grande importância dos transformadores no transporte de energia elétrica a grande distância. Entretanto os transformadores têm larga aplicação em outros campos de eletricidade e da eletrônica.

## ESPECIFICAÇÃO DO TRANSFORMADOR.

- 1 Tipo de transformador: monofásico, bifásico, trifásico.
- 2 Tensão Nominal: primário e no secundário. Exemplo 110V, 220V, 380V, 440V, 13.800 V, 88.000 V, 138.000 V.
- 3 Potência Nominal : 2 KVA, 112,5 KVA, 150 KVA, 225 KVA, 500 KVA.
- 4 Corrente Nominal: A, KA.
- 5 Frequência Nominal: 50 Hz, 60 Hz, etc.
- 6 Refrigeração: óleo mineral, ou a seco.

## POTÊNCIA DO TRANSFORMADOR

TRANSFORMADOR MONOFÁSICO  $P = VI$  ( VA )

TRANSFORMADOR TRIFÁSICO  $P = 1,732VI$  ( VA )

## TRANSFORMADOR TRIFÁSICO

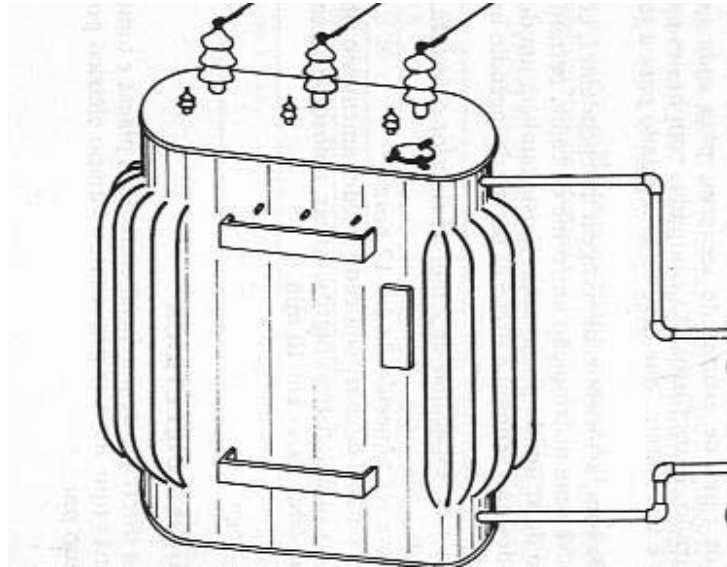
### Definição:

Transformador trifásico é um grupo de transformadores monofásicos com o núcleo comum.

O uso de um transformador trifásico em lugar de 03 monofásicos tem vantagens e desvantagens, que devem ser consideradas no projeto da sua aplicação.

O transformador trifásico tem as vantagens de ocupar menos espaço e de ser sua construção mais econômica; no entanto, para tensões muito altas, a sua

construção oferece maiores problemas de isolamento, em comparação com a do monofásico.



Um grupo de 3 transformadores monofásicos tem a vantagem de, no caso de um apresentar avaria, os outros poderem funcionar em regime de emergência, fornecendo uma potência reduzida, além de se tornar mais econômica a sua substituição, pois em vez de se substituir toda a unidade, como no caso de um trifásico, substitui-se apenas o transformador que estiver defeituoso.

## TIPOS DE TRANSFORMADORES:

**Transformadores Abaixadores:** a tensão do primário é maior que a do secundário.

Ex : 13.800 V – 220/127 V , 127 V – 12 V.

**Transformadores Elevadores:** a tensão do secundário é maior que a tensão primária.

Ex : 13.800 V – 138.000 V, 12, 200V –30.000V ( flyback)

**Transformadores Isoladores:** a tensão do primário é igual ad o secundário.

Tem a função de isolar o circuito primário do circuito secundário.Ex : 60 V – 60 V.

## EXERCÍCIOS SOBRE: TRANSFORMADOR

1.0 Quando usamos um transformador ?

R: Quando desejamos modificar o valor da tensão e da corrente de uma rede de energia.

2.0 Como é constituído um transformador ?

R: É um equipamento estático constituído de 02 enrolamentos isolados entre si, montados em torno de um núcleo de chapas de ferro.

3.0 Qual o nome do enrolamento que é ligado a rede de energia ?

R Primário.

4.0 Qual o nome do enrolamento que aparece a tensão e a corrente modificados ?

R Secundário.

5.0 Qual a expressão que nos fornece as relação entre a tensão, corrente espiras?

$$R \quad \frac{E_p}{E_s} = \frac{I_s}{I_p} = \frac{N_1}{N_2}$$

6.0 Quais são os ensaios para verificar a qualidade do transformador ?

R Ensaio, a vazio e ensaio em curto circuito.

7.0 Calcular o número de espiras do enrolamento secundário de um transformador sendo fornecido o seguinte:

$N_1 = 4.800$  espiras,  $N_2 = ?$   $V_1 = 2.300$ ,  $V_2 = 230$  V.

$$R \quad \frac{N_1}{N_2} = \frac{V_1}{V_2} \quad V_1 = \frac{N_1 \times V_2}{N_2} \quad N_2 = \frac{4800 \times 230}{2.300} \quad N_2 = 480 \text{ espiras}$$

8.0 Calcular o valor da tensão no primário de um transformador sendo fornecido:

$N_1 = 1.500$  espiras ,  $N_2 = 30$  espiras  $V_2 = 220$  V  $V_1 = ?$

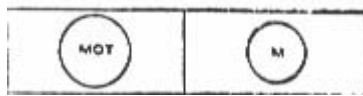
$$R \quad \frac{N_1}{N_2} = \frac{V_1}{V_2} \quad V_1 = \frac{N_1 \times V_2}{N_2} \quad V_1 = \frac{1.500 \times 220}{30} \quad V_1 = 11.000 \text{ V}$$

# MOTORES ELÉTRICOS.

Definição:

**Motores** são máquinas que convertem energia elétrica em energia mecânica.

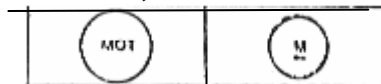
Símbolo Geral, norma ANSI, IEC:



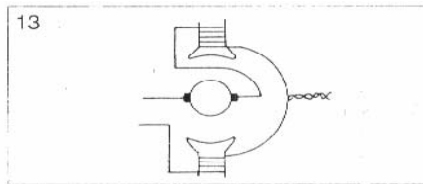
Os motores podem ser classificados em dois tipos:

1) Motores de Corrente Contínua, sendo ainda subdividido em: motor Série, Shunt e Compound (série + paralelo).

Símbolo Geral Motor CC norma ANSI, IEC:



Motor série: as bobinas de campo ficam em série com o enrolamento da armadura.



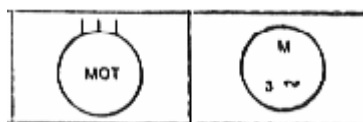
Motor Shunt: as bobinas de campo ficam em paralelo com o enrolamento da armadura.

Motor Compound: é uma composição do motor série com o motor shunt.

Os Motores de Corrente Contínua são aplicados em instalações especiais tais como metrô, trem, ônibus, etc.

2) Motores de Corrente Alternada:

Símbolo Geral Motor CA norma ANSI, IEC:



Motores de Corrente Alternada podem ser:

Síncronos: aqueles que acompanham a velocidade ou frequência.

Assíncronos: não acompanham nenhuma frequência e operam por indução.



Os Motores de Corrente Alternada são amplamente utilizados na indústria e podem ser encontrados em diversas potências, formatos e aplicações.

Devido o nosso curso ser votado mais para indústria, daremos mais ênfase no estudo dos motores de indução ou assíncronos.

## MOTORES DE INDUÇÃO OU ASSÍCRONOS.

### Introdução.

O motor de indução é o tipo de motor ca mais usado por ser sua construção simples e de boas características de funcionamento.

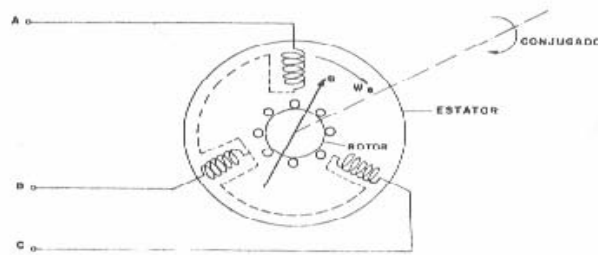


Fig. 2 - Esquema básico de um MIT

### Funcionamento.

O motor de indução consiste de duas partes: o estator (parte estática) e o rotor (parte rotativa). O estator se encontra ligado à fonte de alimentação ca. O rotor não se está ligado eletricamente à alimentação.

O tipo de motor mais importante de indução é motor trifásico. Os motores trifásicos possuem três enrolamentos e fornecem uma saída entre os vários pares de enrolamentos.

Quando o enrolamento do estator é energizado através de uma alimentação trifásica, cria-se um campo magnético rotativo. À medida que o campo varre os condutores do rotor, é induzido uma fem nesses condutores ocasionando o aparecimento de um fluxo de corrente nos condutores.

Os condutores do rotor transportando corrente no campo do estator possuem um torque exercido sobre eles que fazem o rotor girar.

### Classificação dos motores de indução:

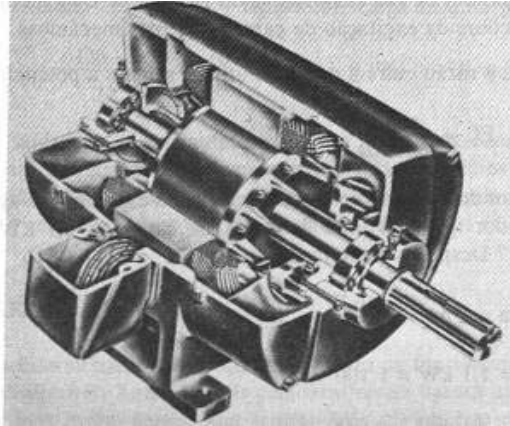
Motor de gaiola.

Motor de rotor bobinado.

#### 1) Motor de Gaiola.

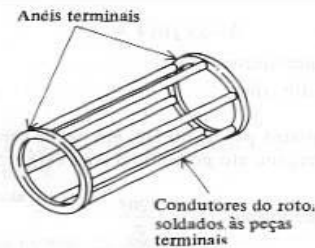
O núcleo do estator é um pacote de lâminas ou folhas de aço provido de ranhuras. Os enrolamentos são dispostos nas ranhuras do estator para formar os três conjuntos separados de pólos. O rotor de um motor de gaiola tem um núcleo de

lâminas de aço com os condutores dispostos paralelamente ao eixo e entranhados nas fendas em volta do perímetro do núcleo. Os condutores do rotor não são isolados do núcleo.



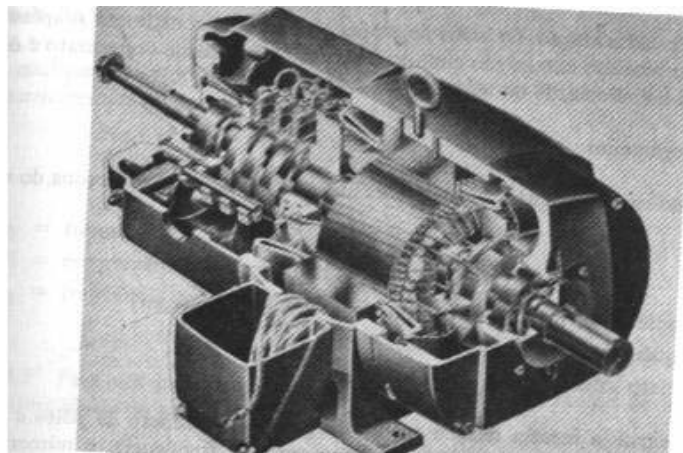
Em cada terminal do rotor, os condutores do rotor são todos curto-circuitados, através de anéis terminais contínuos.

Se as laminações não estivessem presentes, os condutores do rotor e os seus terminais se pareceriam com uma gaiola giratória.



## 2) Motor de Rotor Bobinado ou Enrolado.

O rotor de um motor com rotor bobinado é envolvido por um enrolamento isolado semelhante ao enrolamento do estator.



Os enrolamentos de fase do rotor são trazidos para o exterior aos três anéis coletores montados no eixo do motor

O enrolamento do rotor não está ligado a fonte de alimentação.

Os anéis coletores e as escovas constituem uma forma de se ligar um reostato externo ao circuito do rotor.

A finalidade do reostato é controlar a corrente e a velocidade do motor.

### Velocidade.

A velocidade do campo magnético rotativo é chamado de velocidade síncrona do motor sendo que:

$$N_s = \frac{120F}{P}$$

$N_s$  = velocidade de rotação do campo magnético rotativo (rpm).  
 $F$  = frequência da corrente do rotor (Hz)  
 $P$  = número total de pólos do motor.

Um motor de indução não pode funcionar com a velocidade de sincronismo, pois nesse caso o rotor estaria estacionário com relação ao campo rotativo e não seria induzida nenhuma fem no rotor.

A velocidade do rotor deve ser ligeiramente menor do que a velocidade de sincronismo, a fim de que seja induzida uma corrente no rotor para permitir a rotação do rotor.

### Escorregamento.

A diferença entre a velocidade do rotor e a velocidade de sincronismo é chamada de escorregamento e é expressa como uma porcentagem da velocidade de sincronismo.

$$S = \frac{(N_s - N_R) \times 100}{N_s}$$

onde:  $N_s$  = velocidade do campo ou sincronismo (rpm)  
 $N_R$  = velocidade do rotor (rpm)  
 $S$  = escorregamento (%)

### Frequência do rotor.

Para qualquer valor de escorregamento, a frequência do rotor é igual à frequência do estator vezes a porcentagem de escorregamento onde:

$$F_R = S f_s$$

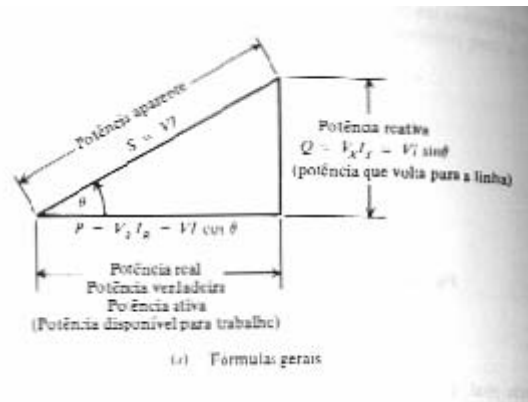
$F_R$  = frequência do rotor em Hz.  
 $S$  = escorregamento percentual, escrito na forma decimal.  
 $f_s$  = frequência do estator em Hz.

### POTÊNCIA;

Monofásico:  $P = VI \cos\theta$

Trifásico:  $P = \sqrt{3} V I \cos\theta$

FATOR DE POTÊNCIA: é a relação entre a potência ativa e a potência aparente.



**Potência aparente:** é a potência fornecida

$$S = VI \text{ (VA)}$$

**Potência reativa:** é a potência produzida devido à reatância do circuito.

$$Q = VI \sin \theta \text{ (VAR)}$$

**Potência ativa:** é a potência disponível para trabalho.

$$P = VI \cos \theta \text{ (W)}$$

### **PARTIDA DO MOTOR:**

Um motor de grande potência não consegue partir sozinho devido o conjugado de partida daí ser necessário equipamentos auxiliares de partida dentre estes destacamos:

Chave estrela / triângulo.

Auto transformador.

### **VARIAÇÃO DE VELOCIDADE:**

Atualmente usa-se o CLP.

### **INVERSÃO DO SENTIDO DE ROTAÇÃO:**

No caso de motor trifásico fixamos uma fase a R, por exemplo, e invertemos a fase S com a fase T.

### **PROTEÇÃO:**

O circuito de comando e proteção do motor deverá ser constituído por:

Fusível, Contator, relé térmico.

### **ESPECIFICAÇÃO DO MOTOR**

Tipo de Motor: monofásico, bifásico, trifásico.

Tensão Nominal: Exemplo Residencial 110V, 220V. Industrial 380V, 440V, 13.800 V, 88.000 V, 138.000 V.

Potência Nominal : 1 HP, 20 CV, 15 KW

Corrente Nominal: A, KA.

Frequência Nominal: 50 Hz, 60 Hz, etc.

Tipo de isolamento.

Grau de proteção.

**OBS:**

CV = cavalo a vapor que é a força de elevar um peso de 75 kg a uma altura de 1 m no tempo de 1 segundo.

HP do inglês Horse Power.

## INSTALAÇÕES DE MOTORES.

As duas formas de ligações nos motores trifásicos são: ligação estrela e ligação triângulo.

O estator é o “local” onde se aplica a tensão, e este por sua vez é constituído de três bobinas (trifásico). Dependendo da forma de ligação dessas três bobinas é que se consegue obter a ligação estrela (Y) ou a ligação triângulo.

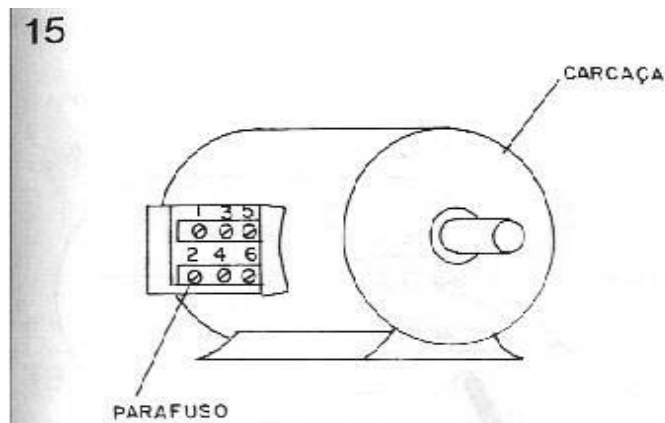
A ligação estrela na maioria dos casos é efetuada apenas para dar partida ao motor (fazer o motor girar), pois, a corrente de pico do motor é baixa (corrente de pico é a corrente registrada por um medidor quando o motor é ligado. Essa corrente é de intensidade maior que a corrente normal), mas, por conseguinte, a potência fornecida à carga, também é menor. Na ligação triângulo ( $\Delta$ ) ocorre o contrário da estrela, pois a corrente de pico é alta e a potência fornecida à carga é máxima. A finalidade da corrente de pico ser baixa é evitar que ocorra um alto consumo de energia elétrica. Por exemplo: se tivermos dois motores ligados em nossa residência e estes funcionarem permanentemente durante trinta dias, no final do mês quando formos pagar a conta de luz referente aos dois motores, a conta mais “cara” do motor ligado em triângulo.

Por isso é que frequentemente liga-se um motor em estrela e, depois que o motor atinge sua velocidade constante (corrente normal de consumo), muda-se o para triângulo (artifício utilizado por contadores) para mantê-lo com máxima potência em corrente normal de funcionamento.

Os motores monofásicos são de apenas uma única fase (110V, por exemplo) e são ligados diretamente à rede elétrica.

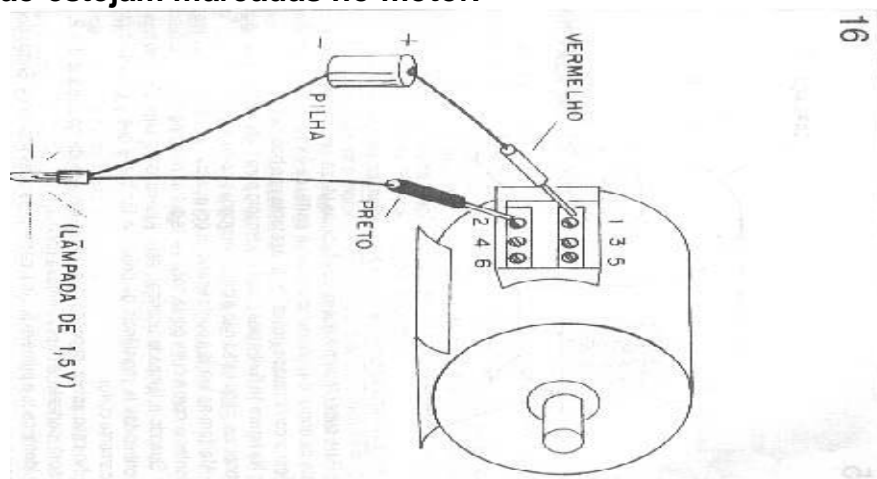
Porém, o mesmo não ocorre com os motores trifásicos, que podem ser ligados de duas formas distintas, o que dificulta o modo de ligação.

Primeiramente ao lidarmos com os motores trifásicos, devemos saber as duas formas de ligação, como estão distribuídas às bobinas no estator (trifásico contém três bobinas no estator) e posteriormente efetuar tal ligação, conforme ilustra a figura 15.



Referente às bobinas do estator, estas estão identificadas no motor através de números, ou ainda, marcadas pôr letras. Para saber “quem é quem” das bobinas utiliza-se um multímetro em escala de ohms, ou um outro circuito à parte, de forma que se consiga verificar a continuidade (resistência) existente nas bobinas.

Na figura 16 ilustramos um procedimento para teste de identificação das bobinas, caso estas não estejam marcadas no motor.



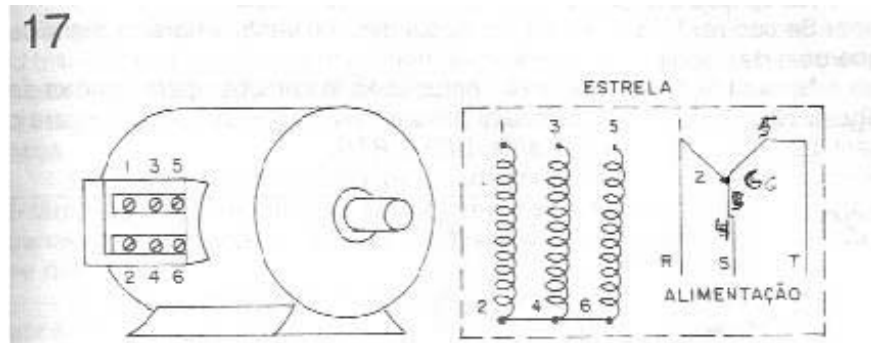
Mantém-se fixada a ponta vermelha em qualquer um dos seis pontos existentes e, com a outra ponta, toca-se os outros cinco pontos restantes.

Quando a lâmpada acender, estará identificada uma das bobinas desconhecidas (a resistência da bobina é tão baixa que é considerada praticamente curto).

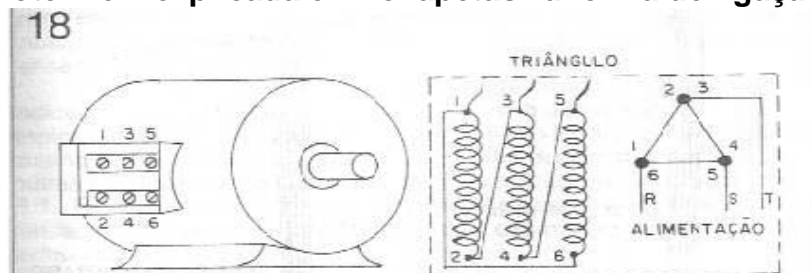
No caso acima, supondo que a lâmpada acenda nos pontos 1 e 2, esta será, portanto, a nossa primeira bobina.

Identificada a primeira bobina, parte-se às duas restantes. Seguindo o mesmo princípio, mude a ponta vermelha para qualquer outro ponto e identifique, com a outra ponta, a outra bobina. Após serem encontradas as três bobinas efetua-se a ligação que se deseja (estrela ou triângulo).

Na figura 17 temos um exemplo de ligação estrela e na figura 18 uma ligação triângulo.



Os fios marcados pôr R, S, T são as fases da rede trifásica. Normalmente, no invólucro do motor vem explicada em “chapetas” a forma de ligação do motor



(estrela ou triângulo), para que o mesmo trabalhe satisfatoriamente e gire no sentido horário. Porém, quando não existem “chapetas” no invólucro, é importante saber o que ocorre ao se inverter uma das bobinas.

Na ligação correta, o motor gira no sentido horário.

Se ocorrer “ronco” no motor e este girar no sentido horário, significa que uma das bobinas foi ligada invertida.

## EXERCÍCIOS SOBRE: MOTORES.

1.0 Como podem ser classificados os motores?

R Motores de corrente alternada e motores de corrente contínua.

2.0 Definir motores síncronos?

R São motores que acompanham a frequência.

3.0 Como são os motores assíncronos?

R Operam pôr indução e não acompanham nenhuma frequência.

4.0 Onde são utilizados os motores de corrente contínua?

R metrô, trens, etc.

5.0 Onde são utilizados os motores de corrente contínua?

R Nas indústrias de um modo geral.

6.0 O que são motores universais?

R São motores que podem funcionar em CC ou CA, sem prejudicar suas características de velocidade e conjuga de partida.

7.0 Onde são empregados os motores universais?

R São motores de potência menor que um CV, instalados em barbeadores, ventiladores, enceradeiras, máquinas de costuras, etc.

8.0 Quais são os dois circuitos básicos de funcionamento dos motores?

R Estator que é a parte estática.

Rotor que é a parte girante.

9.0 Quais são as duas formas de ligação dos motores trifásicos?

R Estrela, e triângulo.

10.0 Quantas bobinas são composto o motor trifásico e o motor monofásico?

R Trifásico 03 bobinas.

Monofásico – 01 bobina.

11.0 Como deve ser feita a especificação de um motor /

R - Tipo de motor (indução, síncrona).

Potência nominal (CV, HP, KW).

Tensão nominal (127 v, 220 v, 440 v)

Corrente nominal (A).

Frequência (60 hz ou 50 hz).

Velocidade (em rpm).

Fator de serviço .

Tipo de isolamento (a= 90°, b=125°, c=175 °).

12.0 Um motor de 04 pólos de 60 Hz, em gaiola tem uma velocidade de 1.754 rpm com carga máxima. Qual o escorregamento porcentual com carga máxima?

Velocidade de sincronismo. Escorregamento.

$$N = \frac{120f}{p} = \frac{120 \times 60}{4} = 1800 \text{ rpm} \quad S = \frac{(N_s - N_R) \times 100}{N_s} = \frac{1800 - 1754}{1800} \times 100 = \frac{46}{1800} = 2,6\%$$

13.0 Um escorregamento de 2,6 por cento do motor de indução e uma frequência de 60 Hz, qual a frequência do rotor?

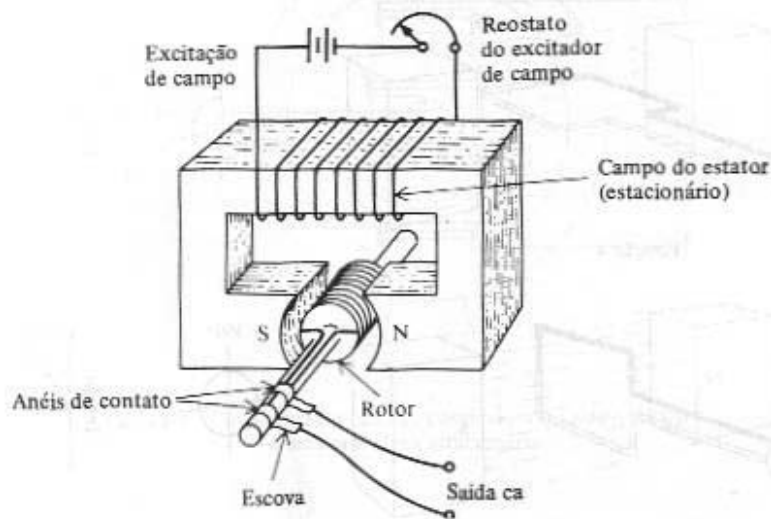
$$F_R = S f_s \quad F_R = 0,026 \times 60 = 1,56 \text{ Hz}$$



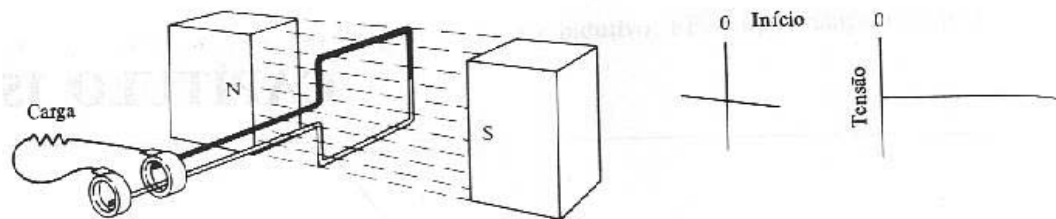
## GERADOR ou ALTERNADOR.

Os geradores de corrente alternada também são chamados de alternadores. Hoje toda energia elétrica consumida nas residências e indústrias é formada pelos alternadores das usinas que produzem eletricidade. O tipo de usina mais empregado no Brasil é a hidrelétrica, em menor escala temos a usina termoelétrica e as usinas nucleares.

O gerador elétrico é um aparelho que transforma em energia elétrica qualquer outro tipo de energia.



Um alternador simples é formado por (1) campo magnético forte e constante; (2) condutores que giram através do campo magnético e: (3) alguma forma de manter uma ligação contínua dos condutores à medida que eles giram. O campo magnético produzido pela corrente que flui pela bobina de campo estacionário ou estator. A excitação para a bobina de campo é formada por uma bateria ou qualquer outra fonte de corrente contínua. A armadura ou rotor, gira dentro do campo magnético. Para uma única espira em volta do rotor, cada extremidade é ligada a anéis coletores separados, isolados do eixo. Duas escovas são pressionadas através de molas contra os anéis coletores de modo a manter uma ligação contínua entre a corrente alternada induzida no rotor e os circuitos externos.



A quantidade de tensão gerada por gerador de corrente alternada depende da intensidade do campo e da velocidade do rotor. Como a maioria dos geradores funciona com velocidade constante, a quantidade de fem produzida depende da excitação do campo.

### 1) FREQUÊNCIA.

A frequência da fem gerada depende do número dos pólos do campo e da velocidade de funcionamento do gerador .

$$F = \frac{pn}{120} \quad \text{onde: } f = \text{freqüência da tensão gerada em Hz.}$$

$p = \text{número de pólos.}$   
 $n = \text{velocidade do roto, rotações por minuto (rpm).}$

### 2) REGULAÇÃO.

Regulação de um gerador de corrente alternada é o número é o aumento percentual na tensão do terminal à medida que a carga vai sendo reduzida da corrente especificada para carga máxima até zero, mantendo-se a velocidade e a excitação constantes.

$$\text{Regulação de tensão} = \frac{\text{tensão sem carga} - \text{tensão com carga máxima}}{\text{Tensão com carga máxima}}$$

### 3) RENDIMENTO OU EFICIÊNCIA.

Um gerador de corrente alternada em funcionamento possui perdas no cobre da armadura, perdas no cobre da excitação de campo e perdas mecânicas, em virtude disto o seu rendimento sempre será menor que 100%.

$$R = \frac{\text{POT. DE SAÍDA}}{\text{POT. DE ENTRADA}}$$

### 4) GERADORES EM PARALELO.

Nas usinas os geradores são ligados em paralelo para aumentar a potência disponível, mas só podemos liga-los em paralelo nas seguintes condições:

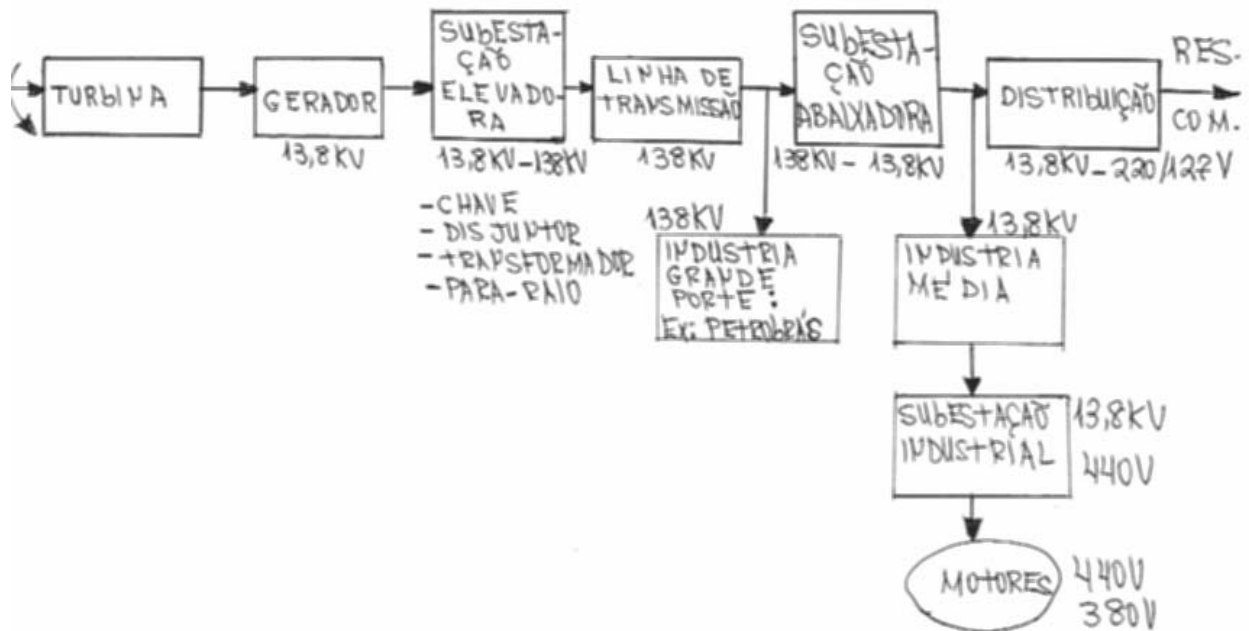
- a) As tensões nos seus terminais sejam iguais.
- b) Suas tensões estejam em fases.
- c) Suas frequências sejam iguais.

### 5) GERADORES EM SÉRIE E EM PARALELO.

Vale as mesmas regras das pilhas e baterias, uma vez que pilhas e baterias são um tipo de gerador químico.

## GERAÇÃO E DISTRIBUIÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA.

"DIAGRAMA DA GERAÇÃO E DISTRIBUIÇÃO DE ENERGIA."



## EXERCÍCIOS SOBRE: GERAÇÃO E DIST. DE ENERGIA.

1- Qual o nome do conjunto de equipamento fundamental em uma usina de geração de energia elétrica ?

R Turbina e gerador.

2- Qual o valor da tensão gerada em uma usina elétrica ?

R 13.800 V

3- Qual o nome da unidade em uma usina geradora de energia elétrica que eleva o valor da tensão elétrica.

R Subestação elevadora,

4- Cite a tensão mais usada em linha de transmissão .

R 138.000 V

5- Cite outras tensões usadas em linhas de transmissão.

R 69.000 V, 88.000 V, 230.000 V

6 -Qual o nome do equipamento na subestação que eleva ou abaixa a tensão ?  
R Transformador.

7- Qual o valor da tensão recebida por indústrias de grande porte como a ; CSN, PETROBRÁS, COSIGUA, VALE DO RIO DOCE.  
R 138. 000 V.

8 -Qual o nível de tensão de um modo geral usada nos motores nas indústrias?  
R 380 V , 440 V.

9- Qual o objetivo em transmitir energia em alta tensão ?  
R Diminuir a perda da potência transmitida.

10- Qual o nível da tensão recebida nas residências e comércio ?  
R 127 e 220 V.

11- Quais os tipos de energia mais usadas no Brasil ?  
R Usina Hidrelétrica, fonte água.  
Usina Termelétrica, fonte gás, óleo.  
Usina Nuclear, fonte urânio.

12- Qual a frequência de um alternador de 04 pólos funcionando a uma velocidade de 1500 rpm ?

$$R \quad F = \frac{PN}{120} = \frac{4 \times 1500}{120} = 50 \text{ Hz}$$

13.0 Um alternador funciona com 120 V sem carga. Aplica-se a seguir uma carga ao alternador. A tensão de saída cai para 110 V . Qual a sua regulação ?

$$\text{Regulação} = \frac{\text{tensão sem carga} - \text{tensão com carga máxima}}{\text{Tensão com carga máxima}} = \frac{120-110}{110} = \frac{10}{110} = 0,091 = 9,1\%$$

14.0 Um motor de 2 HP funcionando com a saída especificada de um alternador que tem uma carga de 1,1 KW. Qual a eficiência do alternador?

$$R \text{ Potência de entrada } 2 \text{ HP} \times \frac{746}{\text{HP}} \text{ W} = 1492 \text{ W} \text{ potência de saída } 1,1 \text{ KW} = 1.100 \text{ W}$$

$$\text{Rend} = \frac{\text{pot. Saída}}{\text{Pot. entrada}} = \frac{1.100}{1.492} = 0,737 = 73,7\%$$

## TÉCNICAS DE SOLDA.

A solda utilizada em eletrônica é uma liga especial de chumbo e estanho que se funde a uma temperatura de 273 graus.

Essa solda é chamada de solda eletrônica ou simplesmente solda, e pode encontrada em tubinhos, rolos e cartelas, sendo um dos fabricantes a empresa CESBRA.

Quando aquecida até a temperatura de fusão, a solda derrete e envolve o terminal do componente a ser soldado. Ao esfriar, ela solidifica-se proporcionando uma sustentação firme e contato elétrico ao componente.

### FERRO DE SOLDA.

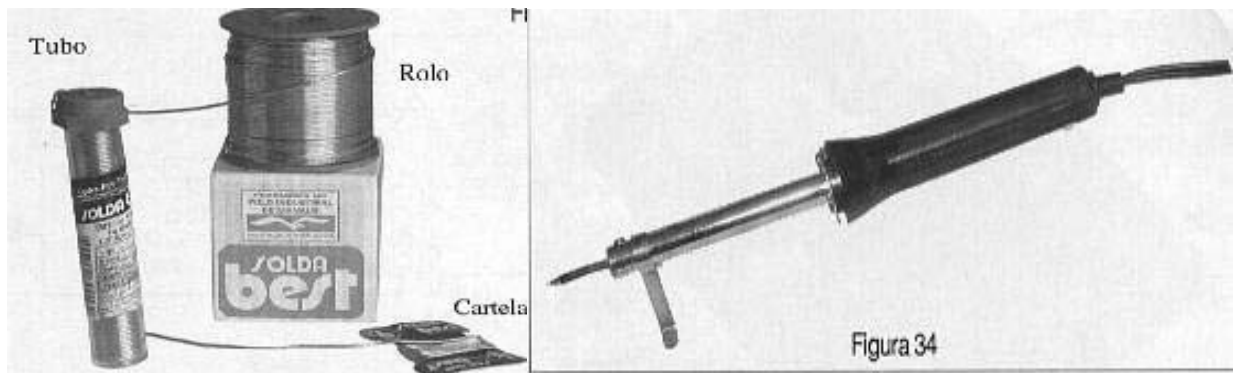
Para soldar usamos uma ferramenta especial que é o ferro de solda.

Para os trabalhos que o profissional da eletrônica irá executar com circuitos, recomendamos um ferro de solda de 15 a 40 W, com pontas finas.

Na verdade, podem ser necessários dois ferros para um trabalho melhor: um de baixa potência (15 a 30 W) e um de média potência (40 a 60).

Soldar consiste em uma operação bastante simples certamente muitos profissionais da eletricidade já sabem como fazer isso.

Todavia, quando trabalhando com dispositivos eletrônicos que são muito sensíveis, especial cuidado deverá ser tomado, pois o excesso de calor poderá facilmente danificá-los.



### OS PROCEDIMENTOS BÁSICOS PARA O PROCESSO DE SOLDAGEM SÃO OS SEGUINTE;

- 1) Ligue o ferro de solda e deixe-o aquecido por pelo menos 5 minutos. Esse é o tempo necessário para que ele alcance a temperatura ideal de trabalho.
- 2) Toque com a ponta do ferro na área de trabalho durante um pequeno tempo para que ela se aqueça até o ponto de fusão da solda, e então encoste a solda nos terminais dos componentes que devem ser soldados. Observe que a solda irá

derreter-se e envolver o terminal do componente e o local em que ela deve ser soldado

3) Retire o ferro de solda do local e espere a solda esfriar tomando cuidado para não fazer nenhum movimento até que esfrie completamente. Quando isto ocorrer, ela formará uma sólida junta que prenderá o terminal do componente.

### **OBSERVAÇÃO:**

1) **SOLDA FRIA** é uma das principais causas do mau funcionamento em equipamentos eletrônicos, onde a solda aparentemente envolve o componente, mas na verdade não o prende, deixando-o solto. Esse tipo de solda ocorre principalmente pela aplicação de calor insuficiente no processo de soldagem.

2) **PISTOLA DE SOLDAR** é tipo de ferramenta adotada por alguns profissionais. Apesar de versátil para trabalhos rápidos (aquece instantaneamente), ela tem por desvantagem poder danificar os componentes mais sensíveis. O que acontece é que a sua ponta aquece pela passagem de uma corrente elétrica intensa. Em contato com componentes delicados essa corrente elétrica pode passar para eles e causar-lhes danos.

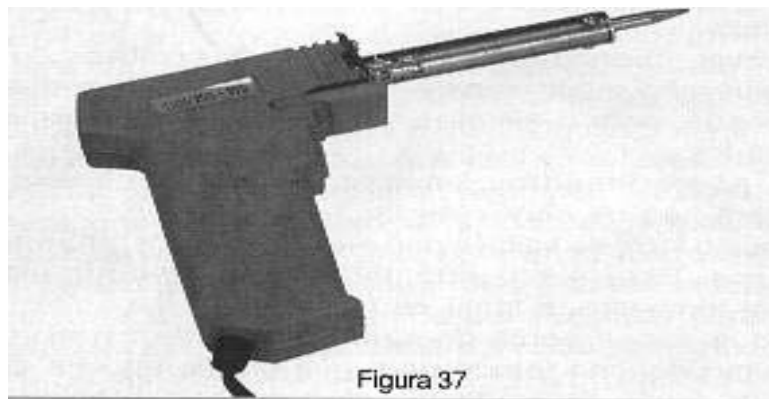


Figura 37

### **3) OUTRAS FERRAMENTAS .**

Muitas outras ferramentas adicionais podem ser citadas e sua presença na bancada de trabalho é importante, pois elas garantem o trabalho correto com componentes que, conforme vimos, são sensíveis. O uso impróprio pode causar danos aos componentes e aparelhos eletrônicos.

Ao profissional que deseja trabalhar com componentes eletrônicos, sugerimos as seguintes ferramentas na bancada de trabalho.

- a) Alicates de corte.
- a) Alicates de ponta fina.
- b) Alicates universais.
- c) Chave de fenda busca pólo.

- d) Duas ou mais chaves de ponta.
- e) Duas ou mais chaves Phillips.
- f) Pinças.
- g) Conjunto de microchaves de precisão.
- h) Acessórios de soldagem.
- i) Garras para fixação de aparelhos.
- j) No mínimo um aparelho multímetro.

## ANEXOS: TABELA DE SIMBOLOGIA.

**Legenda:**

1- Botão de campainha embutida no piso		1	17- Fusíveis		17
2- Saída para telefone externo		2	18- Disjuntor a seco		18
3- Saída para telefone interno		3	19- Chave com fusíveis para alta tensão		19
4- Tomada para rádio e televisão		4	20- Chave com fusíveis para baixa tensão		20
5- Relógio elétrico no teto		5	21- Disjuntor a óleo		21
6- Relógio elétrico na parede		6	22- Chave blindada		22
7- Caixa de enfição		7	23- Transformador de corrente		23
8- Quadro parcial de luz ou força		8	24- Botão de campainha		24
9- Quadro geral de luz ou força não embutido		9	25- Minuteria		25
10- Quadro geral de luz e força embutido na parede		10	26- Ligação à terra		26
11- Caixa de telefone		11	27- Fusíveis		27
12- Eletroduto embutido no teto ou parede		12	28- Disjuntor a seco		28
13- Eletroduto embutido no piso		13	29- Chave com fusíveis para alta tensão		29
14- Fiação aparente (sobre "Cleate")		14	30- Disjuntor a óleo		30
15- Tubulação para telefone externo		15	31- Chave blindada		31
16- Tubulação para telefone interno		16	32- Transformador de corrente		32
17- Tubulação para campainha ou anunciador		17			

**Legenda:**

1- Motor		1	16- Fusíveis		16
2- Transformador		2	17- Disjuntor a seco		17
3- Caixa vazia para quadro aparente		3	18- Chave com fusíveis para alta tensão		18
4- Ponto de luz incandescente no teto (não-embutido)		4	19- Chave com fusíveis para baixa tensão		19
5- Ponto de luz incandescente na parede (arandela)		5	20- Disjuntor a óleo		20
6- Ponto de luz fluorescente no teto		6	21- Chave blindada		21
7- Ponto de luz incandescente embutido no teto		7	22- Transformador de corrente		22
8- Ponto de luz fluorescente embutido no teto		8	23- Botão de campainha		23
9- Ponto de luz incandescente no teto, em circuito vigia		9	24- Minuteria		24
10- Ponto de luz fluorescente no teto, em circuito vigia		10	25- Ligação à terra		25
11- Ponto de luz incandescente na parede em circuito vigia		11	26- Fusíveis		26
12- Circuito que sobe		12	27- Disjuntor a seco		27
13- Circuito que desce		13	28- Chave com fusíveis para alta tensão		28
14- Circuito que passa		14	29- Chave com fusíveis para baixa tensão		29
15- Tomada de luz na parede, baixa (0,30 cm do piso acabado)		15	30- Disjuntor a óleo		30
16- Tomada de luz embutida no piso		16	31- Chave blindada		31
17- Tomada de luz no teto		17	32- Transformador de corrente		32
18- Tomada de força no piso		18			
19- Tomada de força no teto		19			
20- Tomada de força na parede		20			
21- Interruptor de uma seção		21			
22- Interruptor de duas seções		22			
23- Interruptor de três seções		23			
24- Interruptor paralelo ou three-way		24			
25- Interruptor intermediário ou four-way		25			
26- Interruptor automático de porta		26			
27- Botão de campainha		27			
28- Cigarra		28			
29- Campainha		29			
30- Quadro anunciador		30			

# TABELA DE FIOS DE COBRE:

**TABELA 26 - FIOS E CABOS PIRASTIC, CABOS PIRASTIC FLEX, SINTENAX FLEX E SINTENAX**

Seção dos condutores vivos e corrente nominal (ou de ajuste) dos dispositivos de proteção contra correntes de sobrecarga, instalados em eletrodutos e eletrocalhas, temperatura ambiente de 30°C, sendo:

- D - Disjuntores que atendem à NBR 5361 e cujas correntes nominais (ou de ajuste) são referidas à temperatura ambiente de 40°C.
- F - Fusíveis tipo Diazed ou NH, de acordo com a IEC 269.

Seção nominal dos condutores vivos (mm <sup>2</sup> )	Corrente nominal máxima dos dispositivos de proteção (A)							
	2 condutores carregados		3 condutores carregados		4 condutores carregados (circuito com 3F-N* ou 2 circuitos c/2 condutores carregados cada)		6 condutores carregados (2 circuitos c/3 condutores carregados cada ou 3 circuitos c/2 condutores carregados cada)	
	D	F	D	F	D	F	D	F
1,5	15	12	15	12	10	10	10	10
2,5	20	16	20	16	15	16	15	12
4	30	25	25	20	25	20	20	16
6	40	36	35	32	30	25	25	20
10	50	50	50	40	40	40	40	36
16	70	63	60	50	60	50	50	40
25	100	80	70	80	70	63	70	63
35	125	100	100	100	100	80	70	80
50	150	125	125	100	100	100	100	80
70	175	160	150	125	150	125	125	100
95	225	200	200	160	175	160	150	125
120	250	200	225	200	200	160	175	160
150	300	250	275	250	225	200	200	160
185	350	315	300	250	275	250	250	200
240	400	315	350	315	320	250	275	250
300	450	400	400	315	350	315	320	250

(\*) Circuito com corrente significativa no neutro.

**EXEMPLOS DE APLICAÇÃO DA TABELA 26:**

- Um circuito com 2F (ou FN) constituído por 2 condutores isolados PIRASTIC de 4mm<sup>2</sup>, contido num eletroduto embutido em alvenaria, pode ser protegido contra correntes de sobrecarga por:
  - Disjuntor de até 30A ou
  - Fusíveis de até 25A
- Se no eletroduto no exemplo anterior houver mais 2 circuitos com 2 condutores carregados cada, totalizando, portanto, 3 circuitos, as correntes nominais máximas dos dispositivos de proteção do circuito de 4mm<sup>2</sup> indicado ficam reduzidas para
  - 20A, no caso de disjuntor e
  - 16A, no caso de fusíveis.



- Um circuito de distribuição com 3F-N que alimenta um quadro de onde partem circuitos terminais para lâmpadas de descarga, constituído por 4 cabos SINTENAX FLEX de 50mm<sup>2</sup>, contidos numa eletrocalha, pode ser protegido contra correntes de sobrecarga por:
  - Disjuntor de até 100A ou
  - Fusíveis de até 100A
- Um circuito com 3F, com cabos SINTENAX FLEX, corrente de projeto I<sub>b</sub> = 68A, deve ser instalado num eletroduto aparente onde existe outro circuito trifásico. Admitindo que a proteção contra correntes de sobrecarga seja efetuada por fusíveis, e que a queda de tensão seja desprezível, determinar a seção dos condutores e a corrente nominal máxima dos fusíveis.
- Na coluna 6 condutores carregados/F, procuramos o valor igual ou mais próximo superior a 68A; encontramos 80A, correspondendo à seção de 35mm<sup>2</sup>.
- Portanto, nessas condições, os cabos serão de 35mm<sup>2</sup> e os fusíveis de 80A.
- Se a proteção escolhida fosse por disjuntor entraríamos na coluna 6 condutores carregados/D e obteríamos disjuntor de 70A e cabos de 25mm<sup>2</sup>.

**TABELA 27 - FIOS E CABOS PIRASTIC E CABOS PIRASTIC FLEX**

Características das linhas elétricas instaladas em eletrodutos e eletrocalhas, temperatura ambiente de 30°C.

Bitola (AWG/MCM)	Capacidade de condução de corrente (A)	Seção nominal (mm <sup>2</sup> )	Capacidade de condução de corrente (A)	Comprimento máximo do circuito em função da queda de tensão (m)			
				Eletroduto não magnético		Eletroduto magnético	
				127V	220V	127V	220V
14	15	1,5	15,5	8	14	7	12
12	20	2,5	21	10	17	9	15
10	30	4	28	12	20	10	17
8	40	6	36	13	23	12	21
6	55	10	50	32	56	29	50
4	70	16	68	37	64	33	57
2	95	25	89	47	81	38	66
1	110	35	110	47	81	41	71
1/0	125	—	—	—	—	—	—
—	—	50	134	50	86	44	76
2/0	145	—	—	—	—	—	—
3/0	165	70	171	54	94	46	80
4/0	195	—	—	—	—	—	—
—	—	95	207	57	99	49	85
250	215	—	—	—	—	—	—
300	240	120	239	59	102	51	88
350	260	—	—	—	—	—	—
—	—	150	275	60	103	50	86
400	280	—	—	—	—	—	—
—	—	185	314	60	104	51	88
500	320	—	—	—	—	—	—
600	355	—	—	—	—	—	—
—	—	240	370	60	104	47	82
700	385	—	—	—	—	—	—
750	400	—	—	—	—	—	—
800	410	300	426	58	100	45	78

- Os comprimentos máximos indicados foram calculados considerando circuitos trifásicos com carga concentrada na extremidade, corrente igual à capacidade de condução respectiva, com fator de potência 0,8, e quedas de tensão máximas de 2% para as seções de 1,5 a 6mm<sup>2</sup>, inclusive, e de 4% para as demais seções. Para valores diferentes, o comprimento poderá ser calculado a partir da tabela 6.





## BIBLIOGRAFIA:

- 1.0 Lima Filho, Domingos Leite. **Projetos de Instalações Elétricas Prediais.** São Paulo Editora Eriça, 1997.
- 2.0 Gozzi, Giuseppe Giovanni Massimo. **Circuitos Magnéticos.** São Paulo, Editora Érica, 1997.
- 3.0 Loureço, Antônio C. de e outros. **Circuitos em corrente contínua.** São Paulo, Editora Érica, 1996.
- 4.0 Van Valkenbourg. Eletricidade Básica Vol. 1 a 5. São Paulo, Editora ao livro Técnico, 1992.
- 5.0 Niskier, Júlio e Macintyre, A. J. Instalações Elétricas. Rio de Janeiro, Editora Guanabara Koogan, 1992.
- 6.0 Gussow, Milton. Eletricidade Básica. São Paulo, Editora Makron Books, 1985.
- 7.0 U.S. Navy. **Eletricidade Básica.** São Paulo, Editora Hemus, 1985.
- 8.0 **Apostila de Eletrotécnica Básica do SENAI.**
- 9.0 **Apostila de Eletricidade prof. Fernando Duarte – ETER.**
- 10.0 Albuquerque, Rômulo Oliveira. **Circuitos de Corrente Alternada.** S.Paulo Editora Érica, 1997.
- 11.0 Garcia Júnior, Ervaldo .**Luminotécnica,** S.Paulo Editora Érica, 1997.
- 12.0 Bossi. Antônio e Sesto. Elzio.**Instalações Elétricas.** São Paulo, Editora Hemus, 1985.
- 13.0 Contrim, Ademaro **Instalações Elétricas** São Paulo, Editora Makron Books, 1992.
- 14.0 Cunha, Ivano J. **Eletrotécnica.** São Paulo, Editora Hemus,
- 15.0 Albuquerque, Rômulo Oliveira. **Análise de Circuitos em Corrente Contínua** São Paulo, Editora Érika, 1987.