

---

Noções de Eletrotécnica – (TE039)

# Aula 07 - Circuitos monofásicos e trifásicos

---

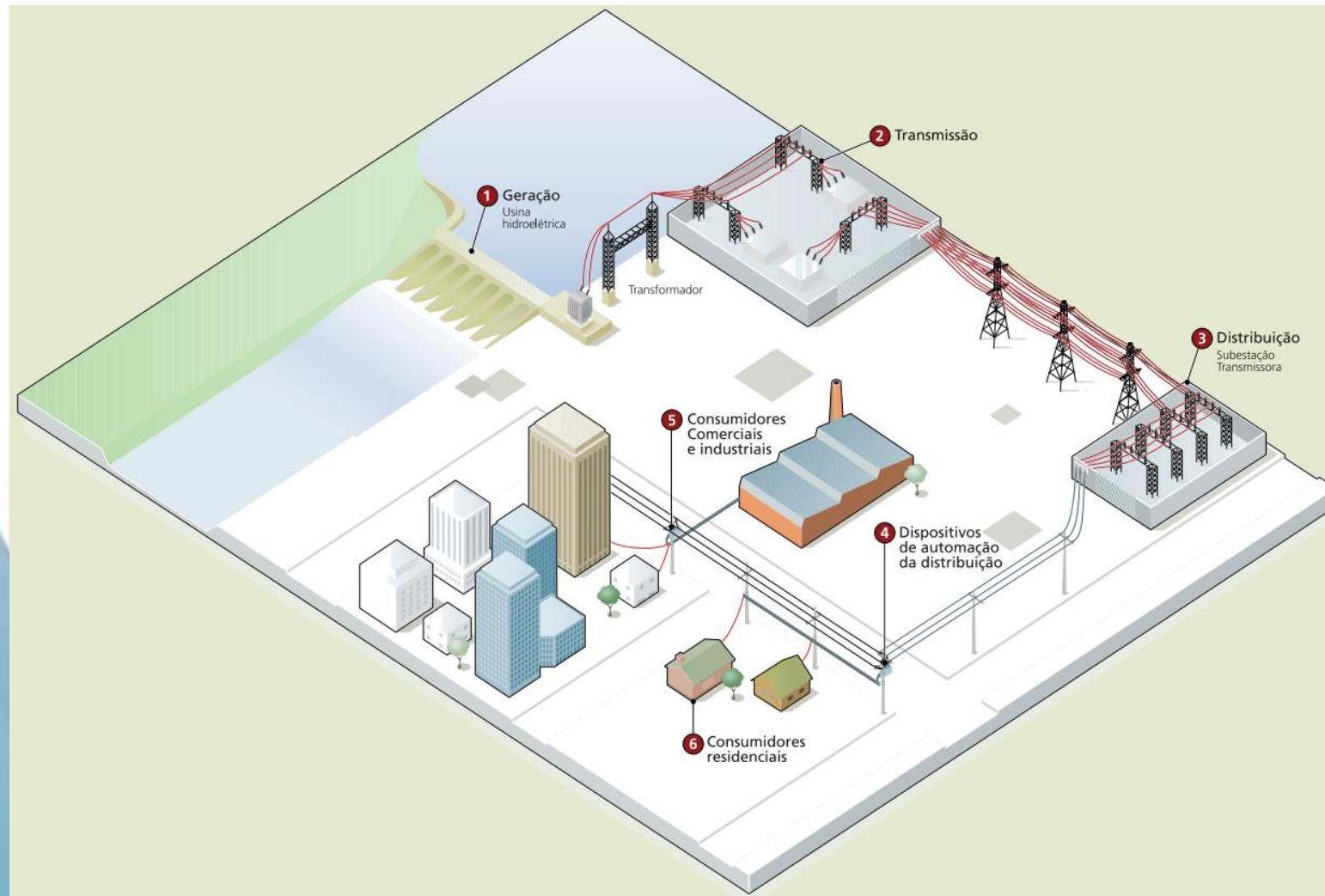
PROF. DR. SEBASTIÃO RIBEIRO JÚNIOR

---

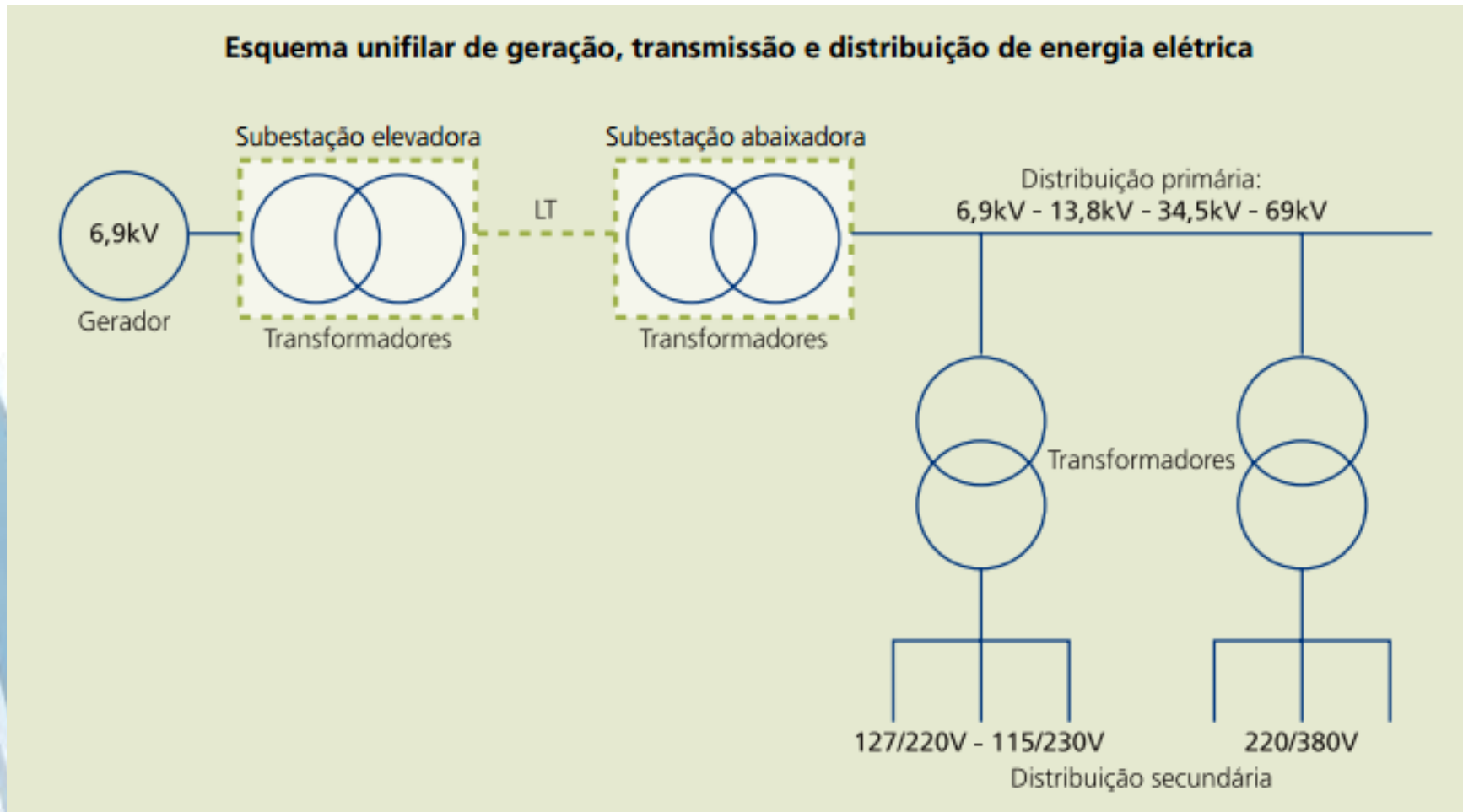
# Sistema Elétrico de Potência (SEP)



# Sistema Elétrico de Potência (SEP)



# Sistema Elétrico de Potência (SEP)



# Geradores

- Gerador CA:





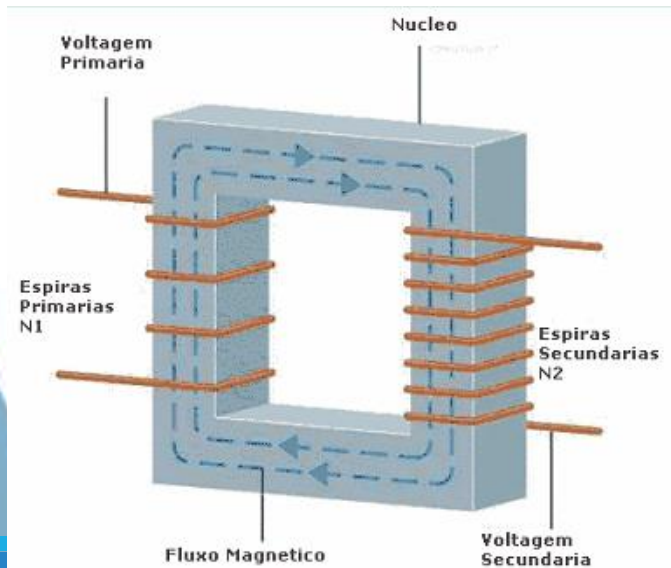
# Geradores

SIEMENS			
Gerador síncrono		N° 17-SP-78-4526	
Tipo		1DH 8861-3WF-39-Z	
Freqüência	60 Hz	Rotación nominal	92,3 rpm
Potência nominal	737.000 kVA	Rotación de disparo	170 rpm
Potência máxima	766.000 kVA	Constante de inércia	5,07 s
Potência sem resfriamento a H <sub>2</sub> O	200.000 kVA	GD <sup>2</sup>	320.000 t m <sup>2</sup>
Fator de potência	0,95	Temperatura máxima de operação com temperatura de H <sub>2</sub> O de resfriamento a 30°C:	
Tensão nominal	18.000 V	Enrolamento do estator	85°C
Corrente nominal	23.639 A	Enrolamento do rotor	100°C
Corrente máxima	24.569 A	Classe de isolamento	F
Ligação do estator		Peso do rotor completo	2.037 t
N° de fases	3	Peso do estator completo	692 t
Corrente excit. nominal	332,2 A	Peso total	3.558 t
Tensão excit. nominal	400 V	Regime de trabalho:	contínuo
Tensão de teto de excit.	2.250 V		
Normas	ANSI C50-1-1977	IEEE 115-1965	IEC 34-1-1969
Local e ano de fabricação:	Siemens S.A., Fábrica Lapa, S.P.-1989		
Indústria Brasileira	C.G.C. 44.013.159/0002-05		
CONTRATO 562/78			
CIEM - CONSÓRCIO ITAIPU ELETROMECAÂNICO			

SIEMENS			
Generador síncronico		N° 17-SP-78-4526	
Tipo		1DH 8861-3WF-39-Z	
Frecuencia	60 Hz	Rotación nominal	92,3 rpm
Potencia nominal	737.000 kVA	Rotación de arranque	170 rpm
Potencia máxima	766.000 kVA	Const. de energia acum.	5,07 s
Potencia sin enfriamiento por agua	200.000 kVA	GD <sup>2</sup>	320.000 t m <sup>2</sup>
Factor de potencia	0,95	Temperatura máxima de operación con agua a 30°C:	
Voltaje nominal	18.000 V	Bobinado del estator	85°C
Corriente nominal	23.639 A	Bobinado del rotor	100°C
Corriente máxima	24.569 A	Clase de aislamiento	F
Conexión del estator		Peso del rotor completo	2.037 t
Número de fases	3	Peso del estator completo	692 t
Corriente de excit. nominal	332,2 A	Peso total	3.558 t
Voltaje de excit. nominal	400 V	Regimen de operación:	continuo
Voltaje pico	2.250 V		
Normas	ANSI C50-1-1977	IEEE 115-1965	IEC 34-1-1969
Local y año de fabricación:	Siemens S.A., Fábrica Lapa, S.P.-1989		
Industria Brasileña	C.G.C. 44.013.159/0002-05		
CONTRATO 562/78			
CIEM - CONSORCIO ITAIPU ELECTROMECAÂNICO			

# Transformadores



$$\frac{V_p}{V_s} = \frac{N_p}{N_s}$$

# Cargas

---



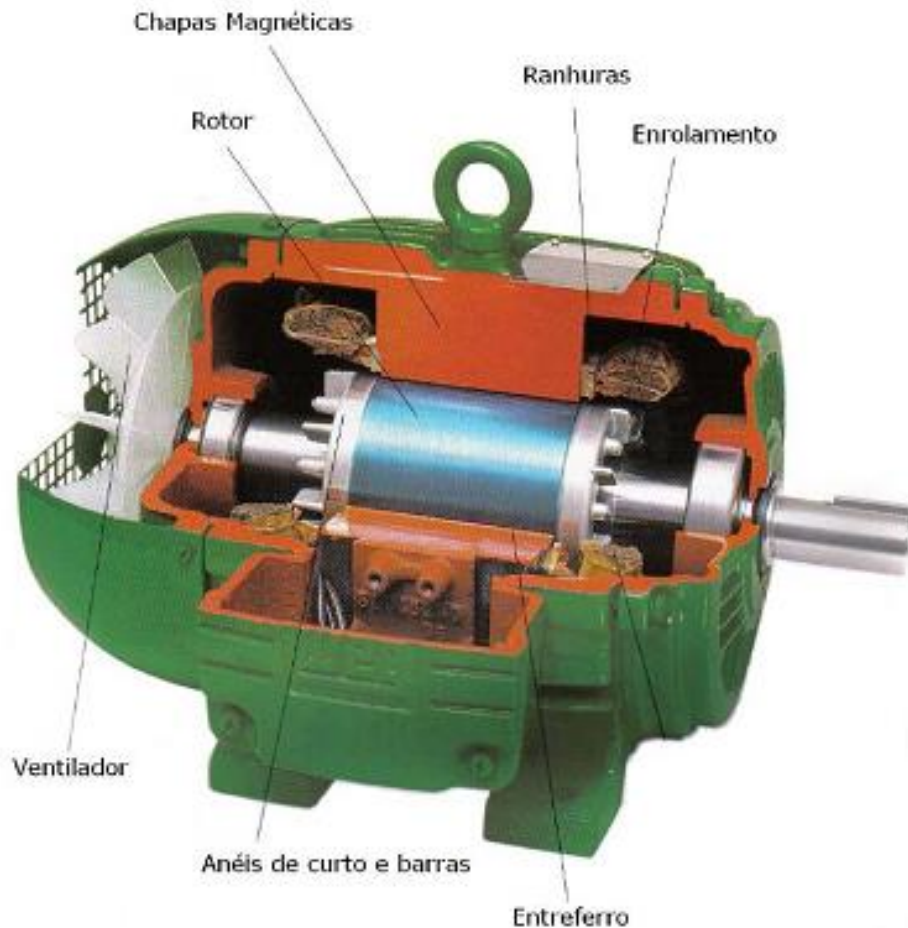


# Cargas

Motores:



# Motor de Indução



## Principais partes:

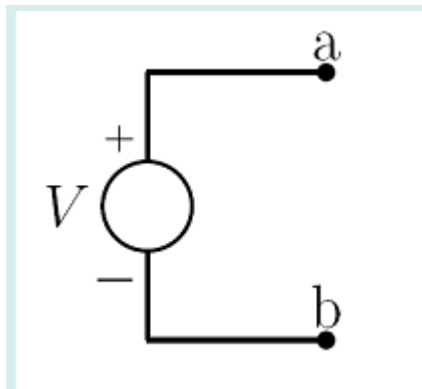
- Estator (parte estacionária)
- Rotor (parte rotativa)

## Princípio de funcionamento:

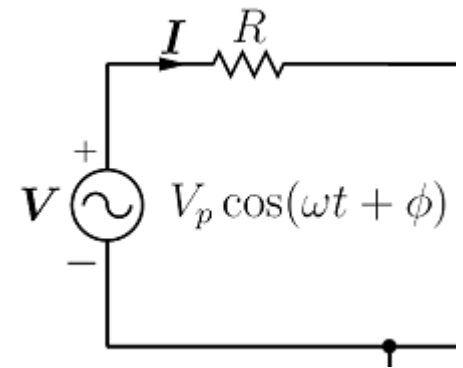
- Quando o enrolamento do estator é energizado através de uma alimentação, cria-se um campo magnético rotativo.
- À medida que o campo varre os condutores do rotor, é induzida uma **f.e.m.** nesses condutores ocasionando o aparecimento de um fluxo de corrente nos condutores.
- Esta interação provoca o aparecimento de um torque sobre o rotor

# Tipos de Fonte (Tensão ou Corrente)

Corrente Contínua:

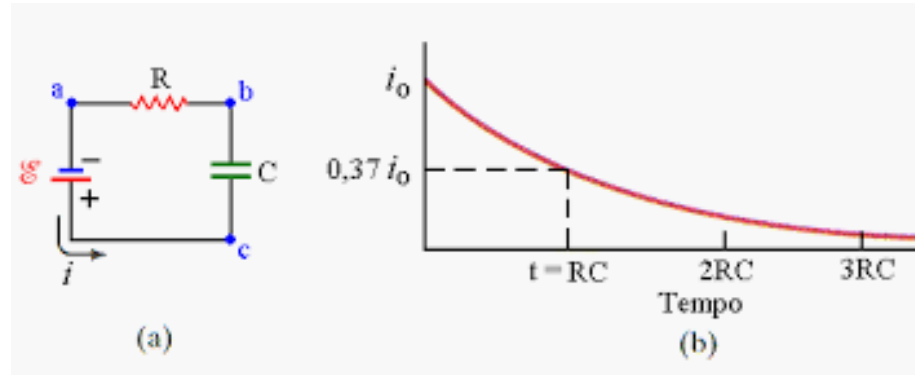
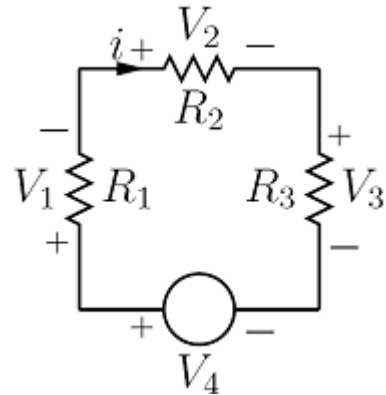


Corrente Alternada:

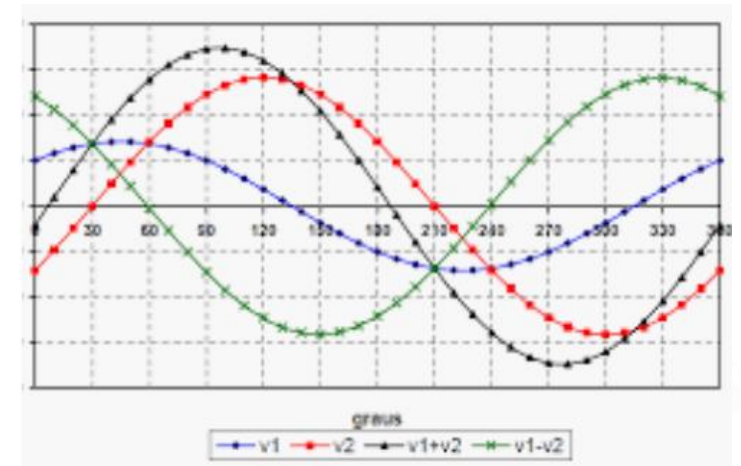
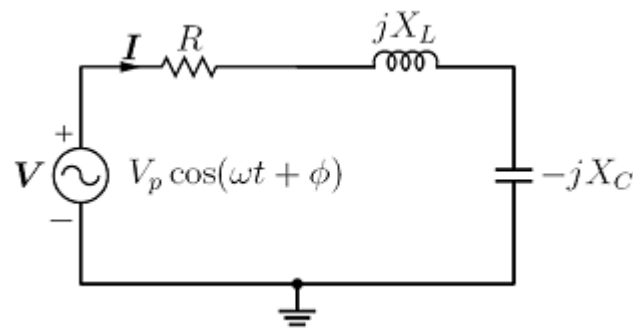


# Tipos de Circuitos

**Corrente Contínua**  
**(Análise Temporal):**



**Corrente Alternada**  
**(Análise temporal ou espectral):**



# Potência

---

A potência aparente é composta por duas parcelas:

- Ativa
- Reativa

$$Potência = V.I$$

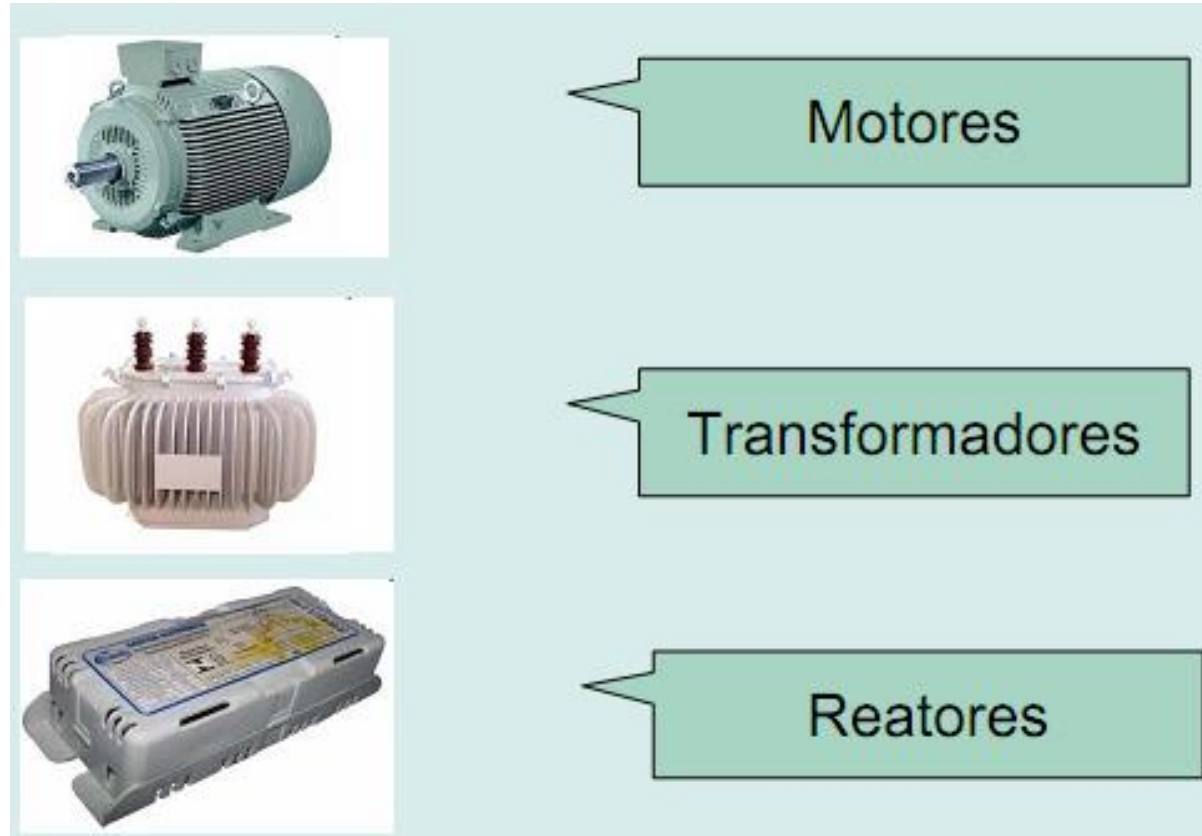
Aparente



# Potência Ativa

		Potência mecânica
		Potência térmica
		Potência luminosa

# Potência Reativa



# Caso Monofásico

$$P = V.I.\cos\theta$$

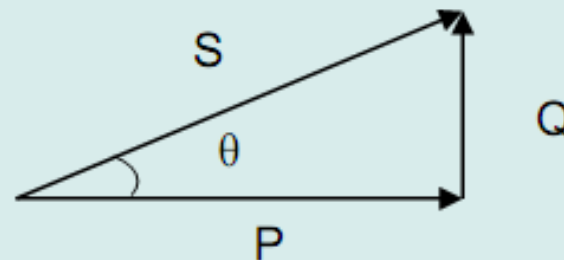
Ativa, real [W]

$$Q = V.I.\sen\theta$$

Reativa [VAR]

$$S = V.I$$

Aparente [VA]



# No nosso caso...

---

Em projetos de instalação elétrica residencial os cálculos efetuados são baseados na potência **ativa** e na potência **aparente**

Portanto, é importante conhecer a relação entre elas para que se entenda o que é **fator de potência**

# Fator de Potência

---

Sendo a potência ativa uma parcela da potência aparente, pode-se dizer que ela representa uma porcentagem da potência aparente que é transformada em **potência mecânica, térmica ou luminosa**

A esta porcentagem dá-se o nome de **fator de potência**



# Fator de Potência

---

$$FP = \frac{P}{S} = \frac{VI \cos \theta}{VI} = \cos \theta$$

**FP**

Indutivo: I -> V (atraso)

Capacitivo: V -> I (avanço)

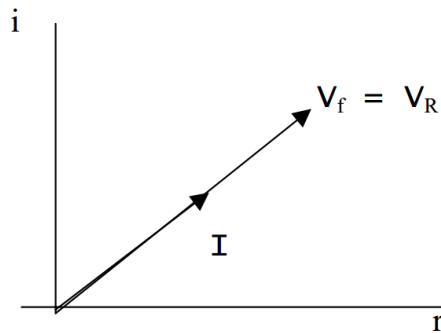
# Fator de Potência

$$FP = \frac{P}{S} = \frac{VI \cos \theta}{VI} = \cos \theta$$

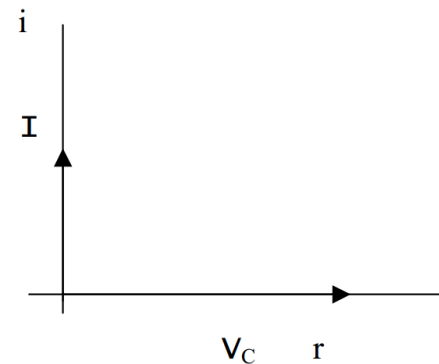
FP

Indutivo: I -> V (atraso)

Capacitivo: V -> I (avanço)

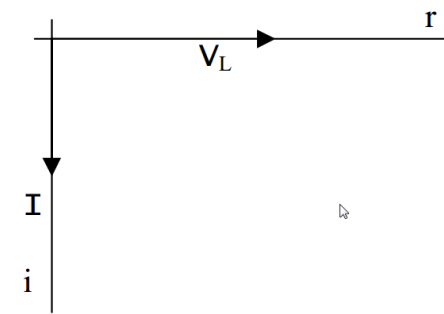


Circuito resistivo, a tensão e a corrente estão **EM FASE**

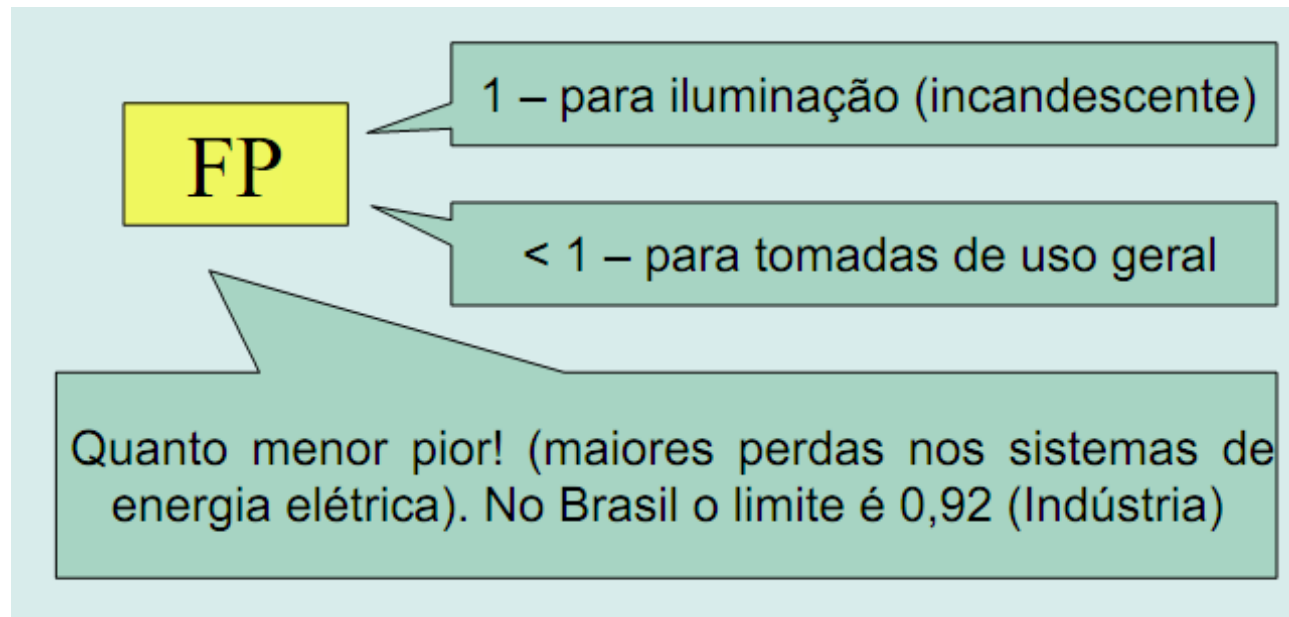


Circuito **Capacitivo**  
Corrente **Adiantada**

Circuito **Indutivo**  
Corrente **Atrasada**

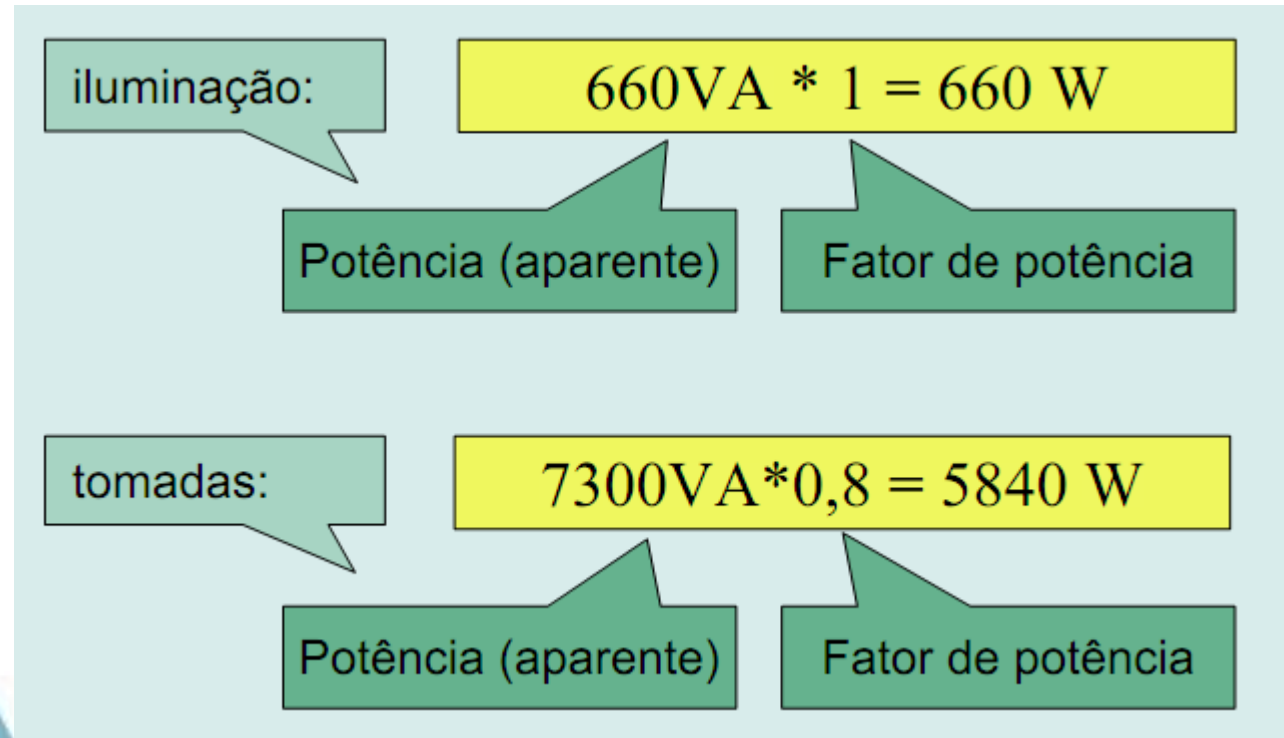


# No nosso caso...



**Tomadas de uso específico** o fator de potencia e delimitado pela **carga**.

# No nosso caso...



# No nosso caso...

**Tabela 1.6 ■ Potências nominais típicas de aparelhos eletrodomésticos e eletroprofissionais**

Aparelho	Potências nominais típicas (entrada)
Aquecedor de água central (boiler)	
50 a 100 l	1.000 W
150 a 200 l	1.250 W
250 l	1.500 W
300 a 350 l	2.000 W
400 l	2.500 W
Aquecedor de água de passagem	4.000 a 8.200 W
Aquecedor de ambiente (portátil)	500 a 1.500 W
Ar-condicionado central	8.000 W
Ar-condicionado tipo janela	
7.100 btu/h	900 W
8.500 btu/h	1.300 W
10.000 btu/h	1.400 W
12.000 btu/h	1.600 W
14.000 btu/h	1.900 W
18.000 btu/h	2.600 W
21.000 btu/h	2.800 W
30.000 btu/h	3.600 W
Aspirador de pó (residencial)	500 a 1.000 W
Barbeador	8 a 12 W

Batedeira	100 a 300 W
Cafeteira	1.000 W
Caixa registradora	100 W
Centrífuga	150 a 300 W
Churrasqueira	3.000 W
Chuveiro	4.000 a 6.500 W
Congelador ( <i>freezer</i> ) (residencial)	350 a 500 VA
Cortador de grama	800 a 1.500 W
Distribuidor de ar ( <i>fan coil</i> )	250 W
Ebulidor	2.000 W
Esterilizador	200 W
Exaustor de ar para cozinha (residencial)	300 a 500 VA
Faca elétrica	135 W
Ferramentas portáteis	500 a 1.800 W
Ferro de passar roupa	800 a 1.650 W
Fogão (residencial) por boca	2.500 W
Forno (residencial)	4.500 W
Forno de microondas (residencial)	1.200 VA



# No nosso caso...

<b>Aparelho</b>	<b>Potências nominais típicas (entrada)</b>
Geladeira (residencial)	150 a 500 VA
Grelha elétrica	1.200 W
Impressora	80 a 350 W
Lavadora de pratos (residencial)	1.200 a 2.800 VA
Lavadora de roupa (residencial)	770 VA
Liquidificador	270 VA
Máquina de costura (não-profissional)	60 a 150 W
Máquina de escrever	150 VA
Máquina copiadora	1.500 a 3.500 VA
Microcomputador	150 a 250 W
Monitor	200 a 300 W
Projektor de slides	250 W
Retroprojektor	1.200 W
<i>Scanner</i>	100 a 150 W
Secador de cabelos (não-profissional)	500 a 1.200 W
Secadora de roupas (residencial)	2.500 a 6.000 W
Televisor	75 a 300 W
Torneira	2.800 a 5.200 W
Torradeira (residencial)	500 a 1.200 W
Triturador de lixo (na pia)	300 W
Ventilador (circulador de ar) de pé	300 W
Ventilador (circulador de ar) portátil	60 a 100 W

# No nosso caso...

Norma	Título
<b>NR 10</b>	Segurança em instalações e serviços em eletricidade
<b>NBR 5410</b>	Instalações elétricas de baixa tensão
<b>NBR 14039</b>	Instalações elétricas de média tensão 1kV-36,2 kV
<b>NBR 5418</b>	Instalações elétricas em atmosferas explosivas
<b>NBR 5419</b>	Proteção contra descargas elétricas atmosféricas
<b>NBR 8222</b>	Execução de sistemas de prevenção contra explosão e incêndio por evitar sobrepressões decorrentes de arcos elétricos internos em transformadores e reatores de potência
<b>NBR 8874</b>	Execução de sistemas fixos automáticos de proteção contra incêndio, com água nebulizada para transformadores e reatores de potência
<b>NBR 12232</b>	Execução de sistemas fixos automáticos de proteção contra incêndio com gás carbônico (CO <sub>2</sub> ) em transformadores de potência
<b>NBR 13231</b>	Proteção contra incêndio em subestações elétricas de geração, transmissão e distribuição
<b>IEC 61850</b>	Redes de comunicação e sistemas em subestações
<b>NBR 6979</b>	Conjunto de manobras e controle em invólucro metálico para tensões acima de 1 kV até 36,2 kV
<b>NBR IEC 60439-1</b>	Conjunto de manobra e controle de baixa tensão – parte I: conjuntos com ensaio de tipo totalmente testado (TTA) e conjuntos com ensaio de tipo (PTTA)
<b>NBR 5356</b>	Transformador de potência – especificação
<b>NBR 5380</b>	Transformador de potência – testes
<b>IEC 479-1 IEC 479-2</b>	Efeitos da corrente nos seres humanos e no gado

---

# Circuitos Monofásicos

---

EXERCÍCIOS

# Exercícios

- 1 - Qual é a corrente elétrica absorvida por uma lâmpada incandescente de 60 W e 115 V?
- 2 - Um chuveiro elétrico traz os seguintes dados nominais: 127 V, 3200 W. Qual a sua corrente de alimentação?
- 3 - Uma lâmpada de 200 W e resistência de 70 ohms é alimentada por um cabo cuja resistência é de 0,02 ohms/m. A tensão na tomada onde é ligada a alimentação é de 127 V e o comprimento total do circuito é de 150 m. Qual será a tensão na lâmpada?
- 4 - Um motor monofásico que aciona uma bomba d'água tem os seguintes dados de placa: 1 cv, 127 V, 60 Hz, rendimento de 82%, FP 0,8. Calcule a corrente que absorve da rede se for alimentado com 127 V. (1 cv = 736 W)

# Exercícios

---

1 - Qual é a corrente elétrica absorvida por uma lâmpada incandescente de 60 W e 115 V?

$$P = V \cdot I \cdot \cos\phi$$

$$I = \frac{P}{V \cdot \cos\phi} \quad I = \frac{60}{115.1} = 0,52 \text{ A}$$

# Exercícios

---

2 - Um chuveiro elétrico traz os seguintes dados nominais: 127 V, 3200 W. Qual a sua corrente de alimentação?

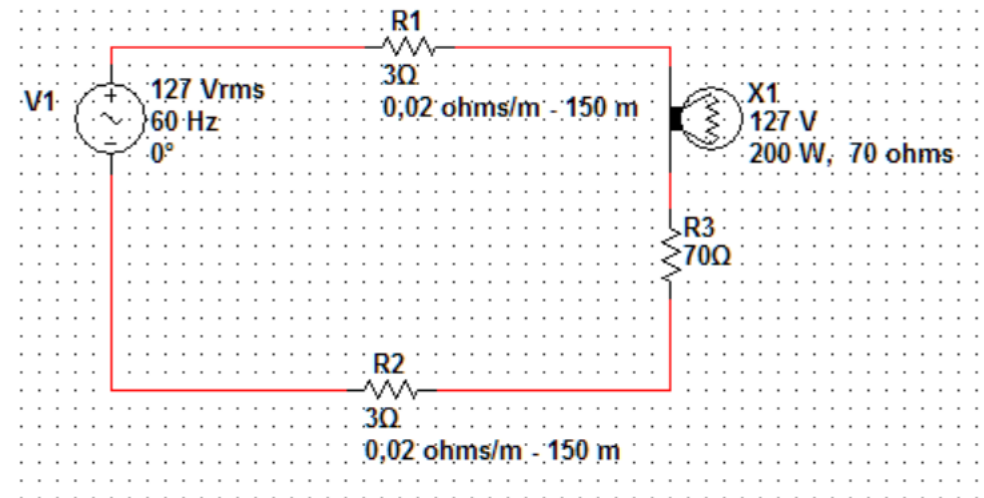
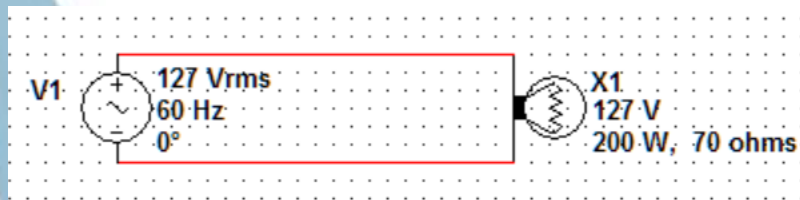
$$P = V \cdot I \cdot \cos\phi$$

$$I = \frac{P}{V \cdot \cos\phi} \quad I = \frac{3200}{127.1} = 25,19 \text{ A}$$



# Exercícios

3 - Uma lâmpada de 200 W e resistência de  $70 \Omega$  é alimentada por um cabo cuja resistência é de  $0,02 \Omega/\text{m}$ . A tensão na tomada onde é ligada a alimentação é de 127 V e o comprimento total do circuito é de 150 m. Qual será a tensão na lâmpada?



# Exercícios

---

$$R_{eq} = 70 + 3 + 3 = 76 \Omega$$

$$I_T = \frac{V}{R_{eq}} = \frac{127}{76} = 1,67 \text{ A}$$

$$V_L = 70 \cdot 1,67 = 116,9 \text{ V}$$

# Exercícios

---

## Potencia Efetiva

$$P = V \cdot I \cdot \cos\phi$$

$$P = 116,9 \cdot 1,67 \cdot 1 = 195,22 \text{ W}$$

## Perdas

$$V_P = V_T - V_L = 127 - 116,9 = 10,1 \text{ V}$$

$$\text{Perdas}(\%) = \frac{10,1}{127} \cdot 100 = 7,95 \%$$

# Exercícios

4 - Um motor monofásico que aciona uma bomba d'água tem os seguintes dados de placa: 1 cv, 127 V, 60 Hz, rendimento de 82%, FP 0,8. Calcule a corrente que absorve da rede se for alimentado com 127V. (1 cv = 736 W)

$$I = \frac{736 \cdot cv}{V \cdot \cos\theta \cdot \eta}$$

$$I = \frac{736 \cdot 1}{127 \cdot 0,8 \cdot 0,82} = 8,83 \text{ A}$$

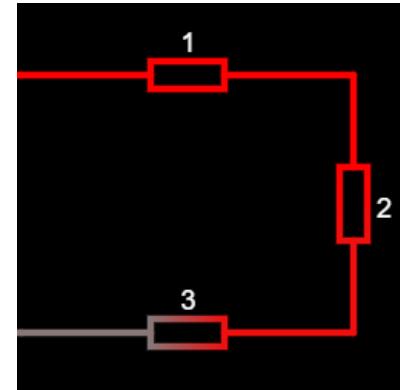
$$I = \frac{736 \cdot 1}{127 \cdot 0,7 \cdot 0,82} = 10,09 \text{ A}$$

$$I = \frac{736 \cdot 1}{127 \cdot 0,9 \cdot 0,82} = 7,85 \text{ A}$$

# Relações das resistências

Resistências em série

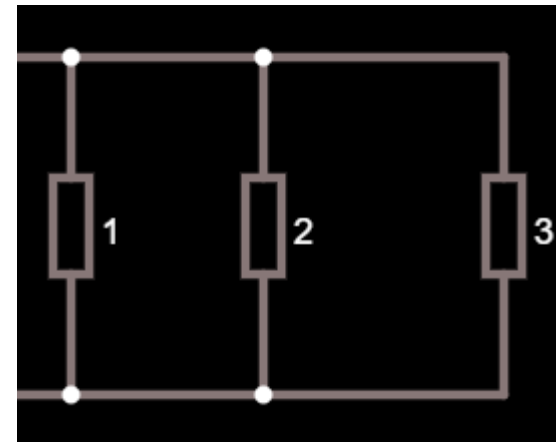
$$R_{eq} = R_1 + R_2 \dots + R_n$$



Resistências em paralelo

$$R_{eq} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} \dots + \frac{1}{R_n}$$

$$R_{eq} = \frac{R_1 \cdot R_2}{R_1 + R_2}$$



# Circuito Trifásico

---

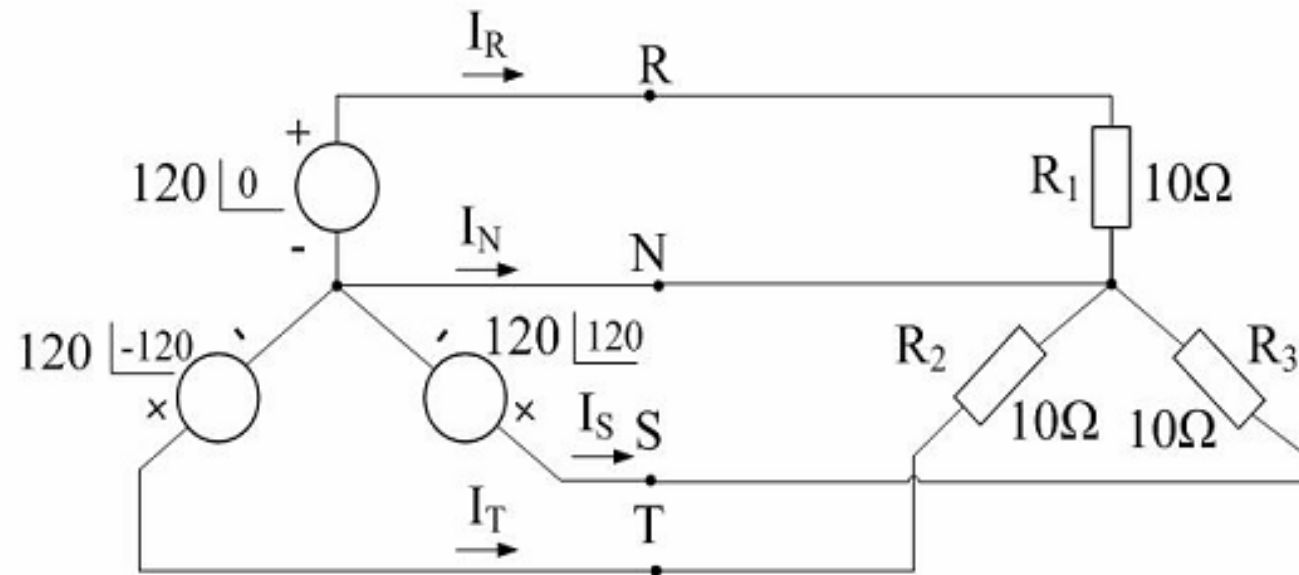
## Sistema Elétrico de potência - SEP





# Circuito Trifásico

- Fontes defasadas em  $120^\circ$ :



# Circuito Trifásico

- Monofásico / Trifásico

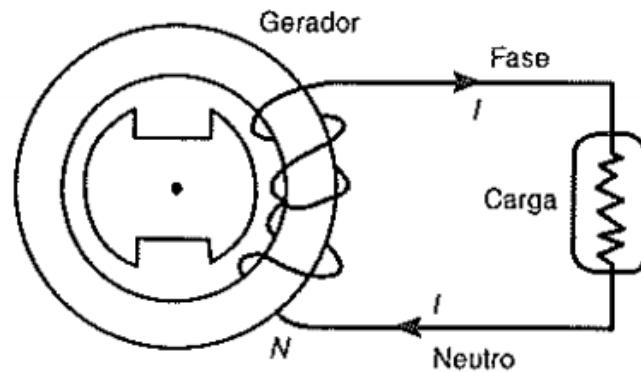


Fig. 2.44 Gerador monofásico.

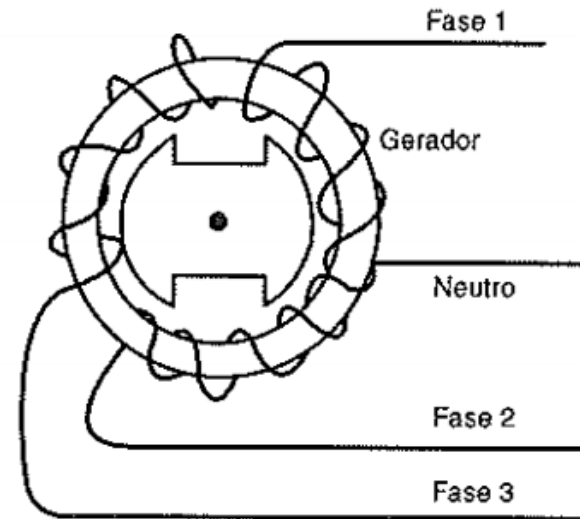


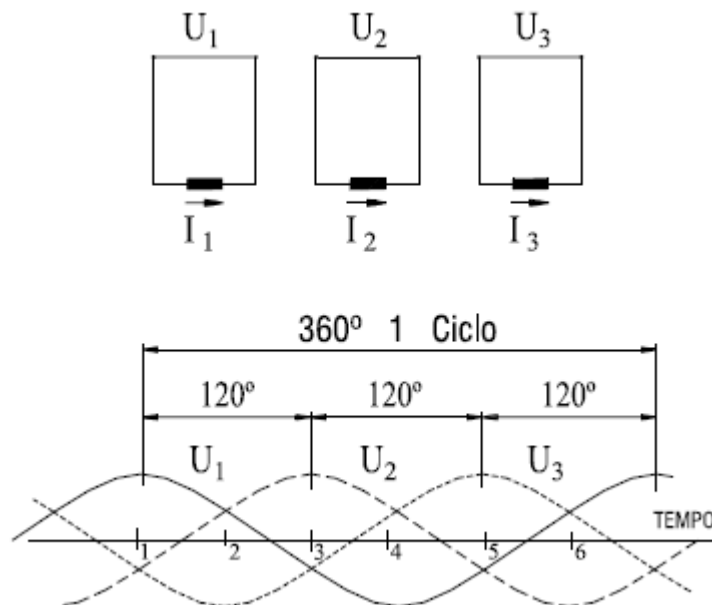
Fig. 2.45 Gerador trifásico.

# Sistema de Corrente Alternada Trifásica

O sistema trifásico é formado pela associação de **três sistemas monofásicos** de tensões  $U_1$ ,  $U_2$  e  $U_3$  tais que a defasagem entre elas seja de  $120^\circ$

Os “atrasos” de  $U_2$  em relação a  $U_1$ , de  $U_3$  em relação a  $U_2$  e de  $U_1$  em relação a  $U_3$  sejam iguais a  $120^\circ$  (considerando um ciclo completo= $360^\circ$ ).

O **sistema é equilibrado**, isto é, as três tensões têm o mesmo valor eficaz  $U_1 = U_2 = U_3$ .



# Sistema de Corrente Alternada Trifásica

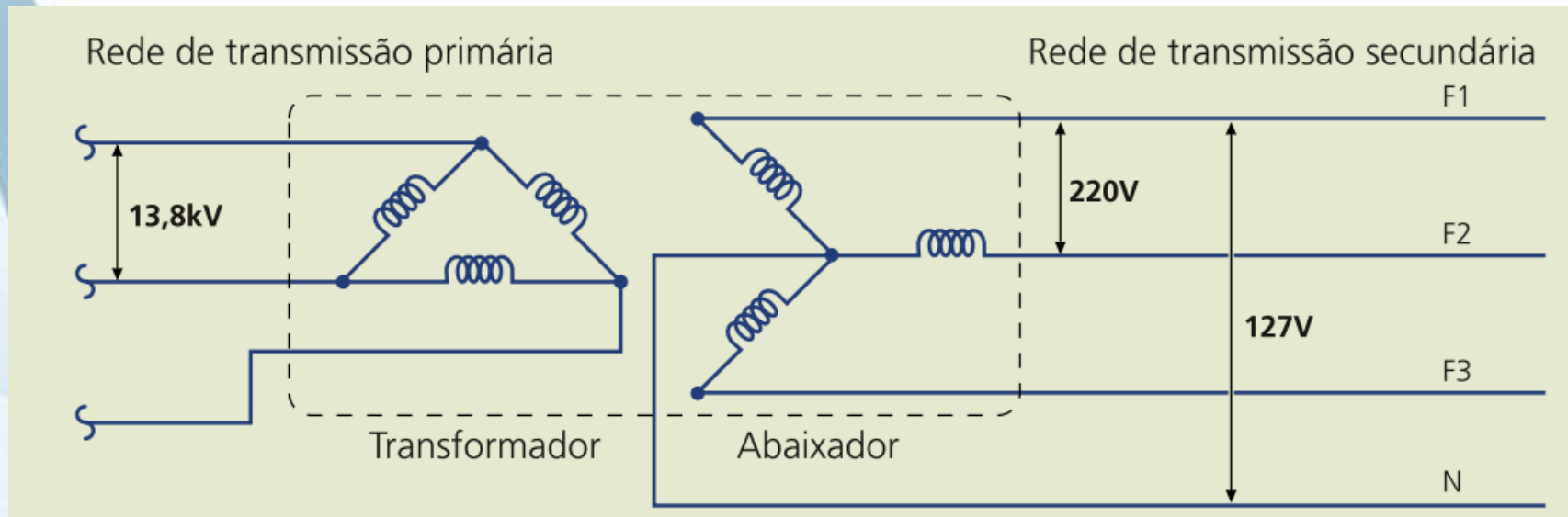
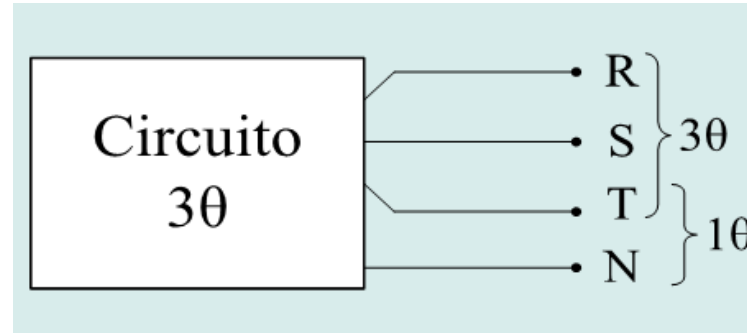
---

Ligando entre si os três sistemas monofásicos e eliminando os fios desnecessários, teremos um sistema trifásico: três tensões  $U_1$ ,  $U_2$  e  $U_3$  equilibradas, defasadas entre si de  $120^\circ$  e aplicadas entre os três fios do sistema. A ligação pode ser feita de duas maneiras:

- Ligação em TRIÂNGULO
- Ligação em ESTRELA

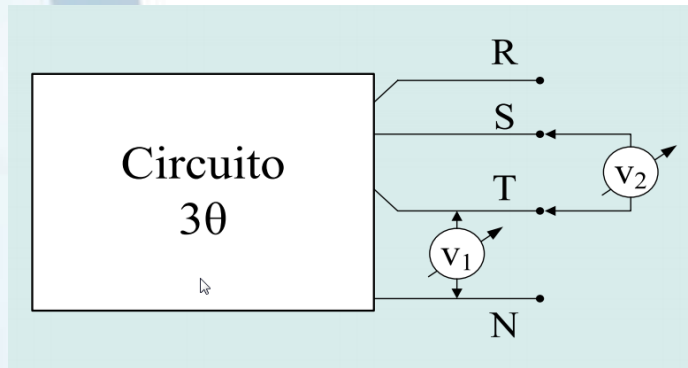
# Circuito Trifásico

Combinação de três circuitos monofásicos:



# Circuito Trifásico

Combinação de três circuitos monofásicos:

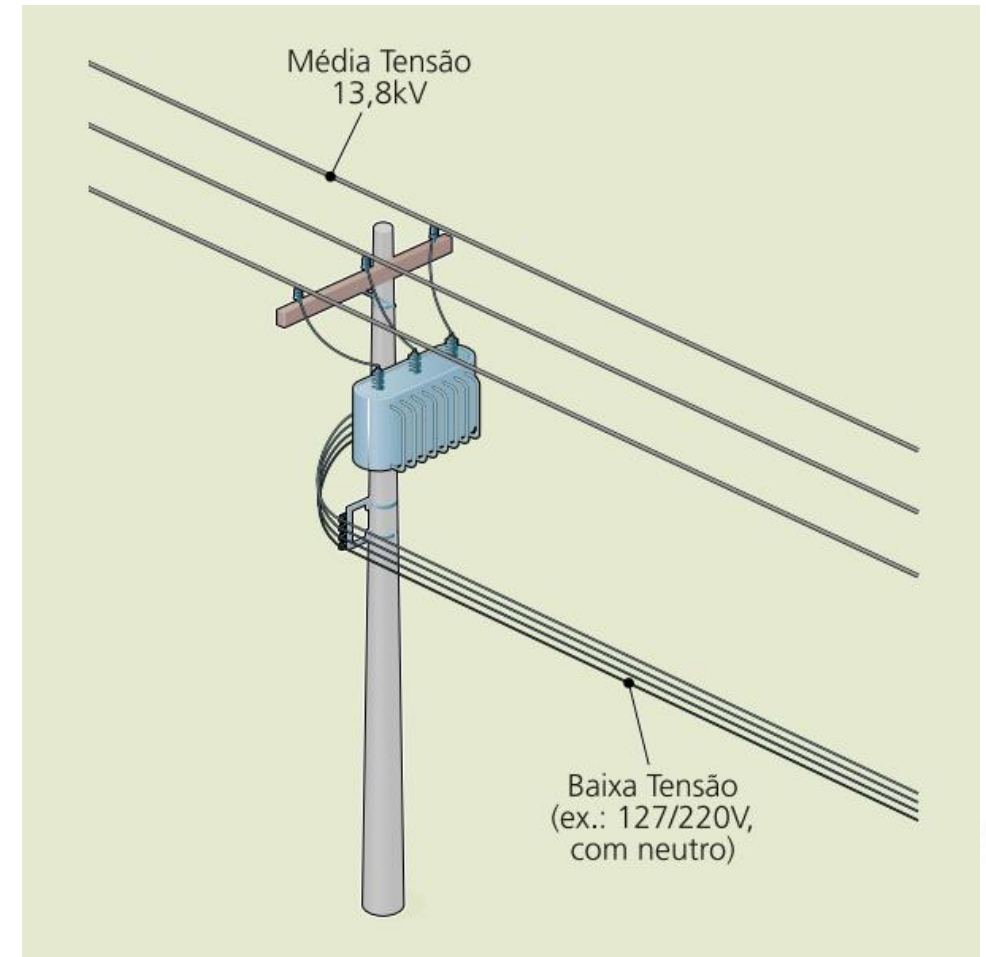


Voltímetro  $V_1 \rightarrow V_{\text{fase}} = V_F: V_T, V_R \text{ e } V_S$

Voltímetro  $V_2 \rightarrow V_{\text{linha}} = V_L: V_{RS}, V_{ST} \text{ e } V_{TR}$

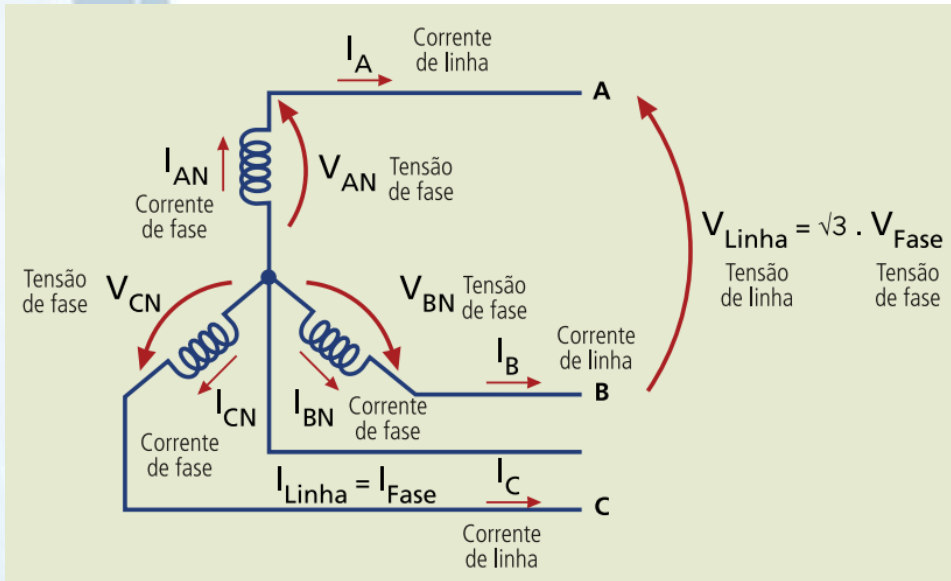
127V (POA), 220V (RS)

220V (POA), 380V (RS)

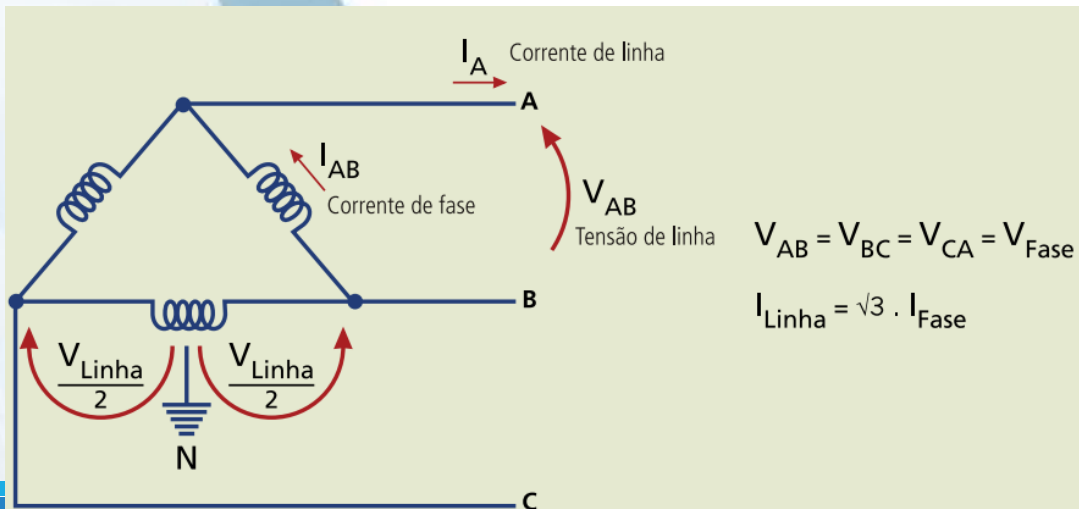




# Circuito Trifásico



Tensão de fase (V)	Tensão de linha (V)
120	208
127	220
220	380
2200	3800
3800	6600
7970	13200



Tensão de fase (V)	Tensão de linha (V)
13200	23000
19900	34500
50800	88000
79600	138000

# Circuito Trifásico

Transformador conversor de 600 kV CC - Furnas - Centrais Elétricas S/A localizada na cidade de Foz do Iguaçu – PR



# Circuito Trifásico

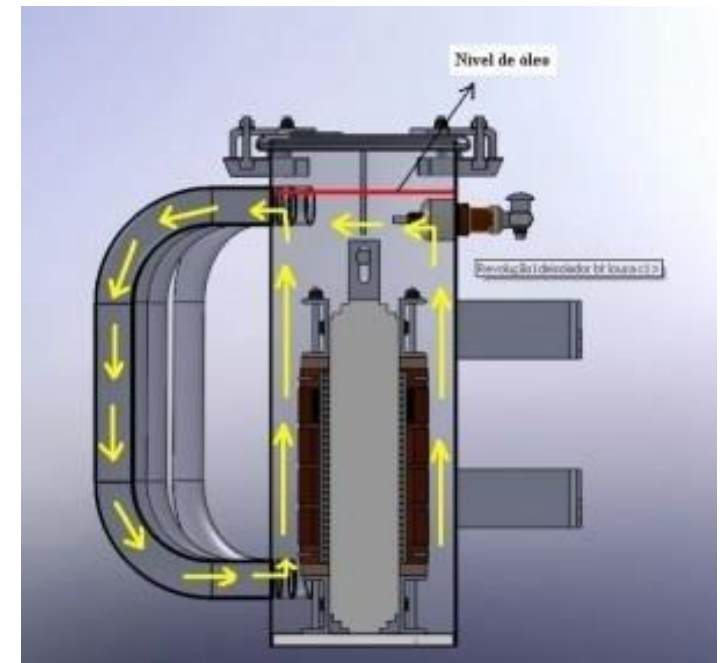
Transformador de distribuição





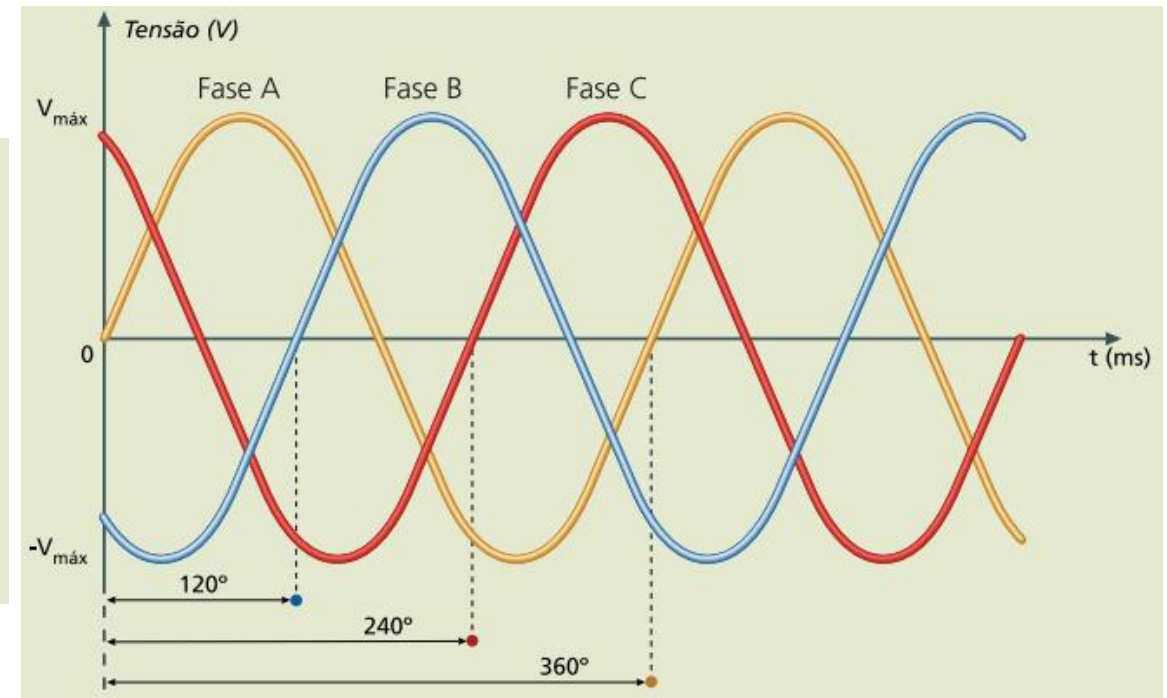
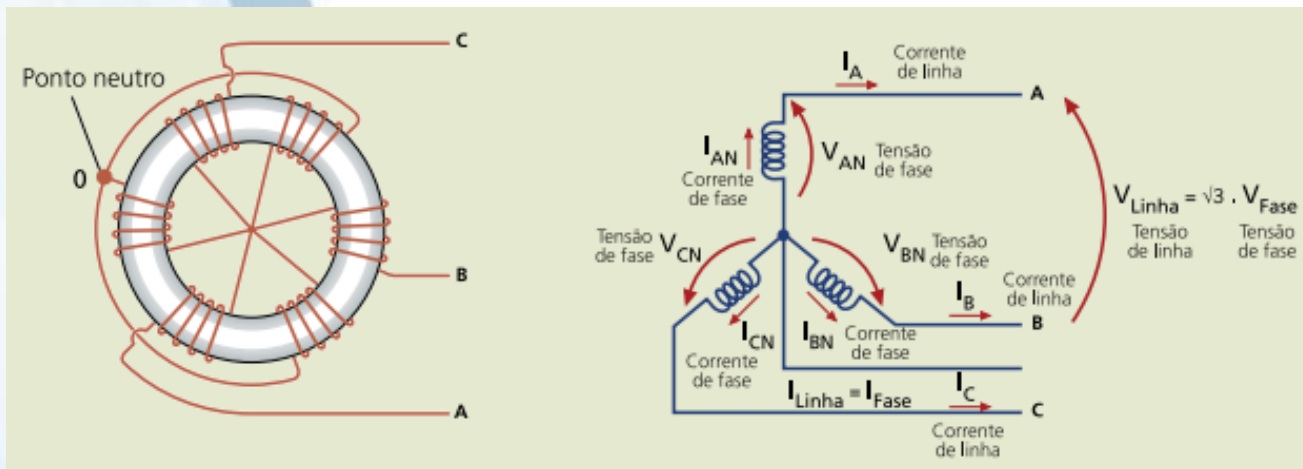
# Circuito Trifásico

Transformador de distribuição



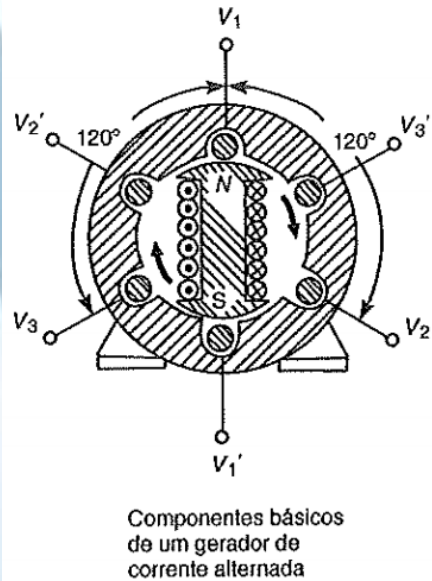
# Circuito Trifásico

A **potência**, geralmente, é fornecida por um gerador de **CA** que produz **3 tensões iguais**, cada uma delas defasada de **120°** das demais

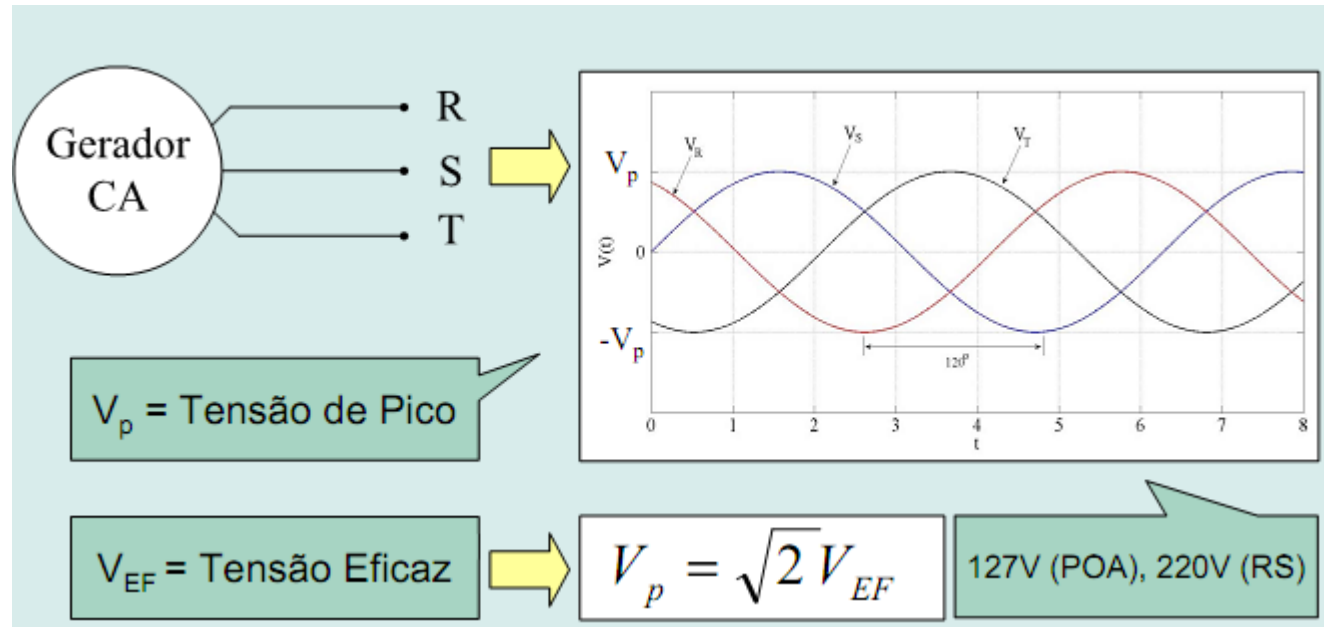


# Circuito Trifásico

## Tensão de Pico e Tensão Eficaz



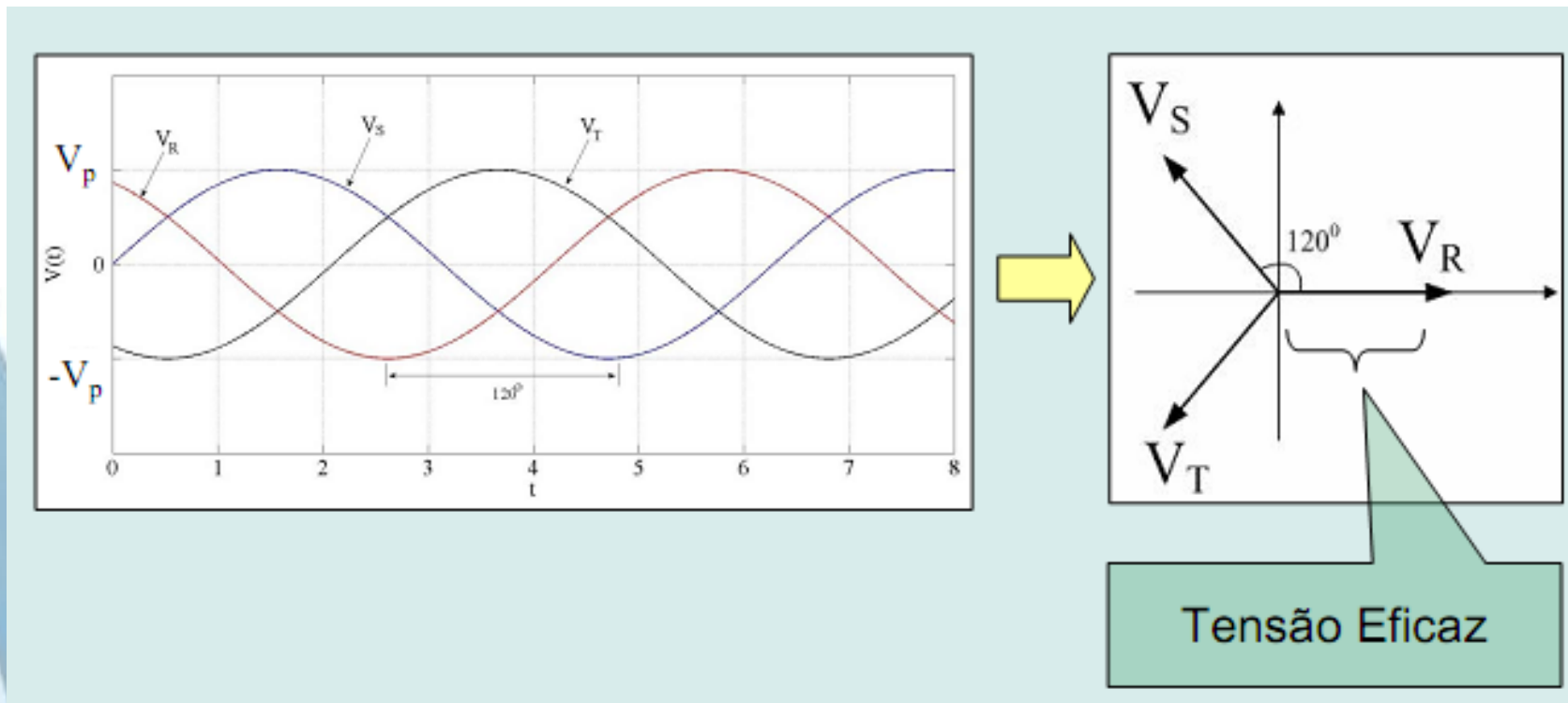
Fonte: Creder (2008)





# Circuito Trifásico

## Tensão Eficaz



# Circuitos Trifásicos

---

## Vantagens

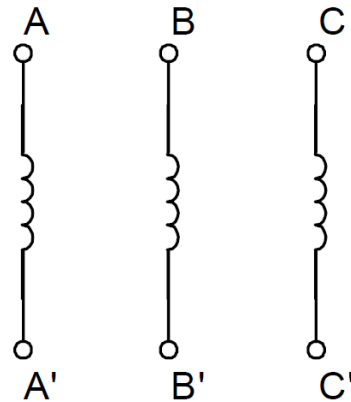
Podem ser usados por cargas monofásicas

Permitem uma maior flexibilidade na escolha e/ou determinação das tensões

Os equipamentos trifásicos têm menores dimensões e são mais eficientes do que os monofásicos de mesma potência

# Sistemas em Triângulo e Estrela

---



Os terminais destes enrolamentos são ligados para diminuir o número de linhas necessárias para as conexões em relação às cargas.

Desta maneira pode-se ter dois tipos de ligações principais: **delta** e **estrela**.

## Nomenclatura:

---

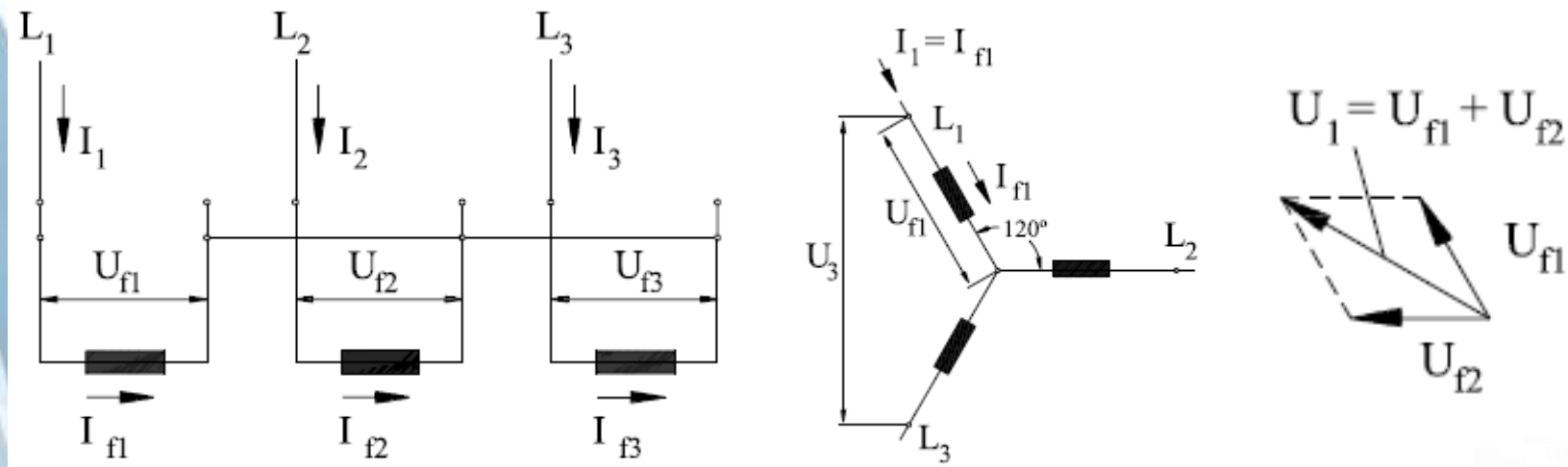
- **Tensão de linha:** é a tensão entre duas linhas.
- **Tensão de fase:** é a tensão no enrolamento ou na impedância de cada ramo.
- **Corrente de linha:** é a corrente na linha que sai do gerador ou a corrente solicitada pela carga.
- **Corrente de fase:** é a corrente no enrolamento do gerador, ou na impedância de cada ramo.

# Ligação em Estrela - Y

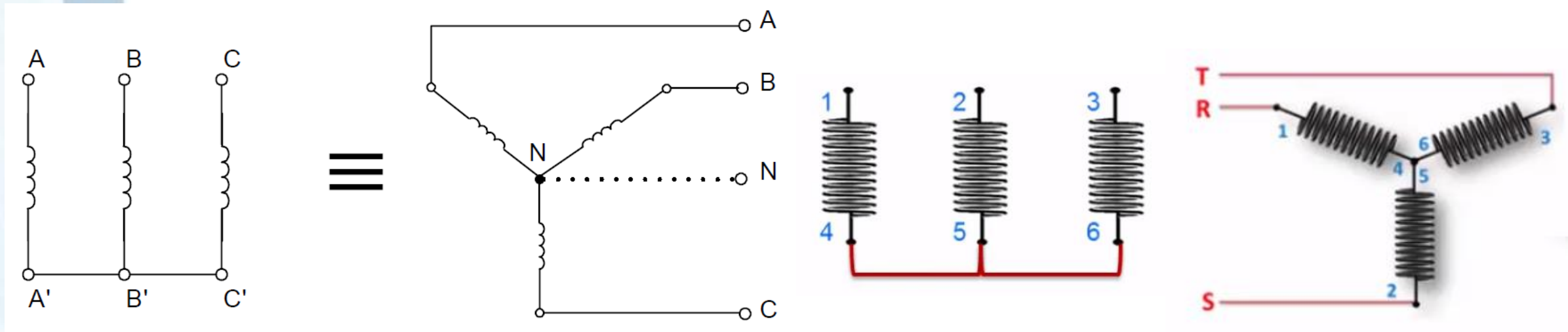
Ligando um dos fios de cada sistema monofásico a um ponto **comum aos três**, os três fios restantes formam um **sistema trifásico em estrela**.

Às vezes, o sistema trifásico em estrela é “**a quatro fios**” ou “**com neutro**”. O quarto fio é ligado ao ponto comum às três fases.

A tensão de linha ou tensão nominal do sistema trifásico e a corrente de linha, são definidas do mesmo modo que na ligação triângulo.



# Ligação em Estrela - Y



Quando um gerador tem seus enrolamentos ligados em Y, as tensões de linha ( $E_{AB}$ ,  $E_{BC}$ ,  $E_{CA}$ ) são diferentes das tensões de fase ( $E_{AN}$ ,  $E_{BN}$ ,  $E_{CN}$ ) e as correntes de linha ( $I_A$ ,  $I_B$ ,  $I_C$ ) são iguais das correntes de fase ( $I_{AN}$ ,  $I_{BN}$ ,  $I_{CN}$ )

$$E_{linha} = \sqrt{3} \cdot E_{fase}$$

# Ligação em Estrela - Y

$$I = I_f$$

$$U = \sqrt{3}.U_f = 1,732.U_f$$

$$U_1 = U_{f_1} + U_{f_2} \quad (\textit{soma vetorial})$$

Exemplo:

Temos uma carga trifásica composta de três cargas iguais. Cada carga é feita para ser ligada a uma tensão de 220 V, absorvendo 5,77 A. Qual a tensão nominal do sistema trifásico que alimenta estas cargas ligadas em estrela em suas condições normais (220 V e 5,77 A)? Qual a corrente de linha?

Temos  $U_f = 220$  V (volts) (normal de cada carga)

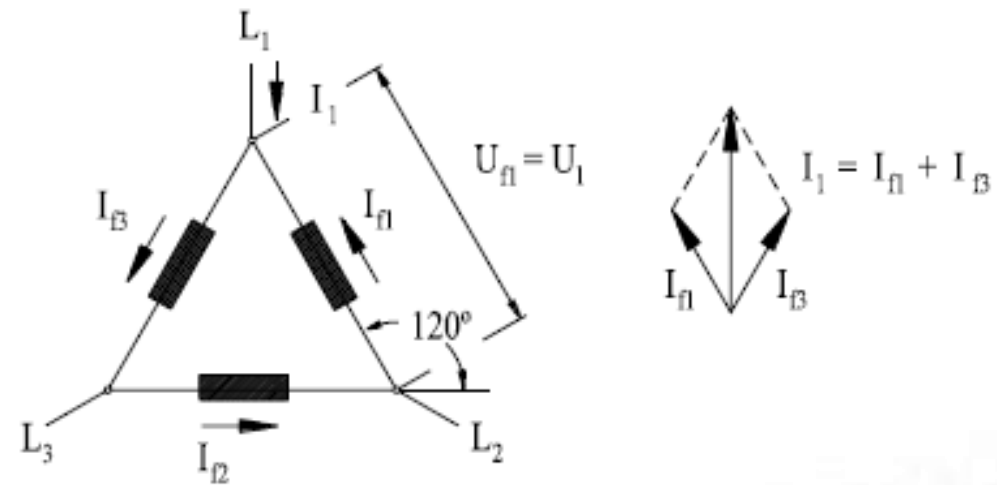
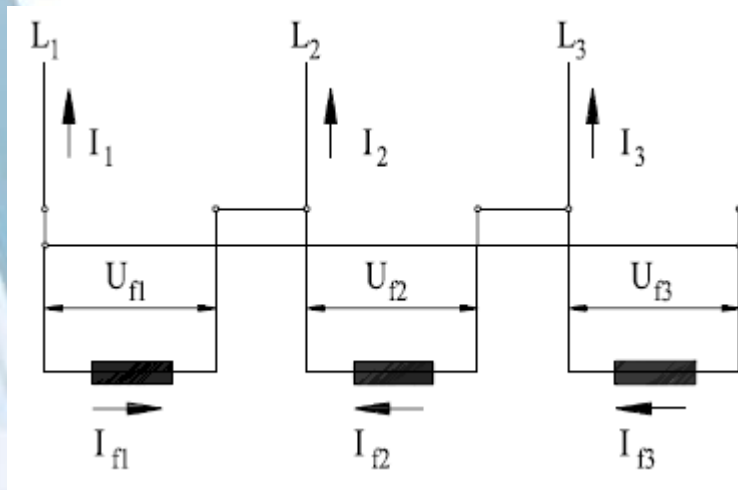
$$U = 1,732 \cdot 220 = 380 \text{ V (volts)}$$

$$I = I_f = 5,77 \text{ A (ampères)}$$

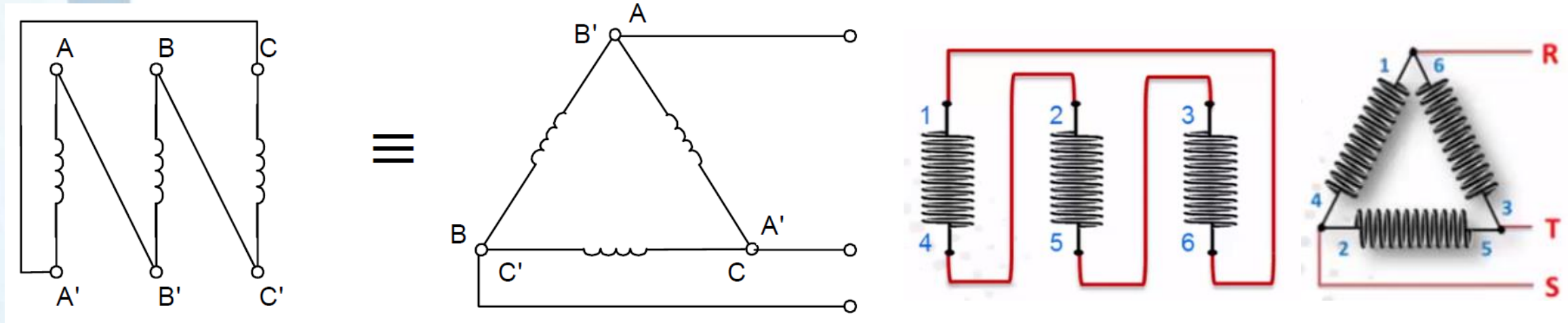


# Ligação em Triângulo $\Delta$

Se ligarmos os três sistemas monofásicos entre si, como indicam as figuras a seguir, podemos eliminar três fios, deixando apenas um em cada ponto de ligação, e o sistema trifásico ficará reduzido a três fios **L1**, **L2** e **L3**.



# Ligação em Triângulo $\Delta$



Quando um gerador tem seus enrolamentos ligados em  $\Delta$ , as tensões de linha ( $E_A, E_B, E_C$ ) são iguais as tensões de fase ( $E_{AB}, E_{BC}, E_{CA}$ ) e as correntes de linha ( $I_A, I_B, I_C$ ) são diferentes das correntes de fase ( $I_{AB}, I_{BC}, I_{CA}$ )

$$I_{linha} = \sqrt{3} \cdot I_{fase}$$

# Ligação em Triângulo $\Delta$

## Tensão de linha (U)

- É a tensão nominal do sistema trifásico aplicada entre dois quaisquer dos três fios L1, L2 e L3.

## Corrente de linha ( I )

- É a corrente em qualquer um dos três fios L1, L2 e L3.

## Tensão e corrente de fase ( $U_f$ e $I_f$ )

- É a tensão e corrente de cada um dos três sistemas monofásicos considerados.
- Examinando o esquema da figura, vê-se que:

$$U = U_f$$

$$I = \sqrt{3}.I_f = 1,732.I_f$$

$$I_1 = I_{f_1} + I_{f_3} \quad (\text{soma vetorial})$$

# Ligação em Triângulo $\Delta$

---

Exemplo:

Temos um sistema equilibrado de tensão nominal 220 V. A corrente de linha medida é 10 A. Ligando a este sistema uma carga trifásica composta de três cargas iguais ligadas em triângulo, qual a tensão e a corrente em cada uma das cargas?

- Temos  $U_f = U_1 = 220$  volts em cada uma das cargas.
- Se  $I = 1,732 \cdot I_f$ , temos  $I_f = 0,577 \cdot I = 0,577 \cdot 10 = 5,77$  A em cada uma das cargas.

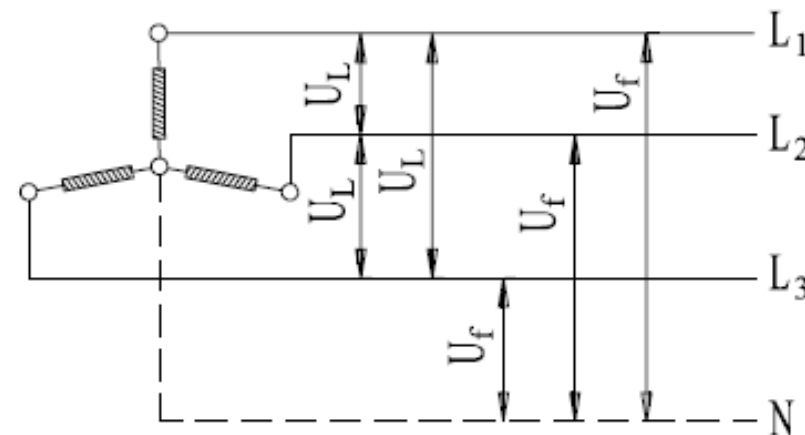
# Características de Alimentação

No Brasil, o sistema de alimentação pode ser **monofásico** ou **trifásico**. O sistema monofásico é mais utilizado em serviços **domésticos, comerciais e rurais**, enquanto o sistema trifásico, em **aplicações industriais**, ambos em **60 Hz**.

As tensões trifásicas mais usadas nas redes industriais são:

- Baixa tensão: 220 V, 380 V e 440 V
- Média/alta tensão: 2.300 V, 4.160 V e 6.600 V
- O sistema trifásico estrela de baixa tensão, consiste de três condutores de fase (L1, L2, L3) e o condutor neutro (N), sendo este, conectado ao ponto estrela do gerador ou secundário dos transformadores.

As tensões monofásicas padronizadas no Brasil são as de **127 V** (conhecida como 110V) e **220 V**.



# Características de Alimentação

---

As tensões monofásicas padronizadas no Brasil são as de **127V** (conhecida como 110V) e **220V**.

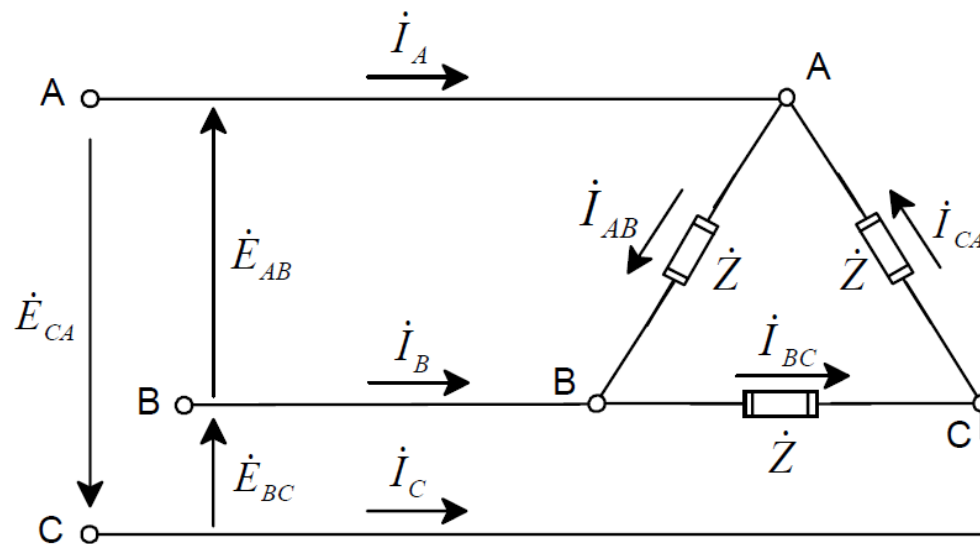
Os motores monofásicos são ligados a duas fases (tensão de linha UL) ou à uma fase e o neutro (tensão de fase  $U_f$ ). Assim, a **tensão nominal** do motor monofásico deverá ser igual à **tensão UL ou  $U_f$**  do sistema.

Quando vários motores monofásicos são conectados ao sistema trifásico (formado por três sistemas monofásicos), deve-se tomar o cuidado para **distribuí-los de maneira uniforme**, evitando-se assim, **desequilíbrio** entre as fases.

## Exercício 1:

Para figura abaixo, Cada uma das impedâncias tem valor  $Z = 5\angle 45^\circ \Omega$ . O gerador está ligado com a sequência ABC e o valor da tensão de linha é de 220 V. Para esta configuração, calcule as correntes de fase e de linha.

$$\dot{E}_{AB} = 220\angle 120^\circ \text{ V} \quad \dot{E}_{BC} = 220\angle 0^\circ \text{ V} \quad \dot{E}_{CA} = 220\angle -120^\circ \text{ V}$$



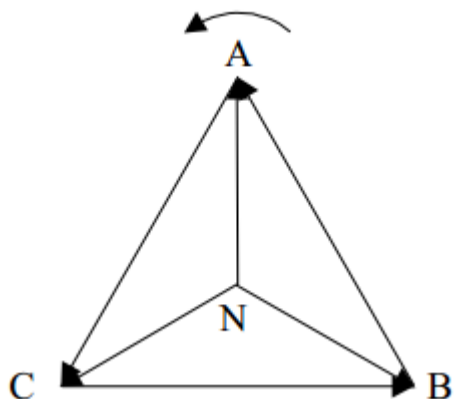


### Exercício 1:

Para uma carga ligada em  $\Delta$  as correntes de fase são iguais as correntes de linha divididas por raiz de três.

Os ângulos das correntes de linha são determinados pela sequência adotada.

Para a sequência ABC com  $\dot{I}_A$  como referência tem-se:



$$\dot{I}_{AB} = \frac{\dot{E}_{AB}}{\dot{Z}} = \frac{220 \angle 120^\circ}{5 \angle 45^\circ} = 44 \angle 75^\circ \text{ A}$$

$$\dot{I}_{BC} = \frac{\dot{E}_{BC}}{\dot{Z}} = \frac{220 \angle 0^\circ}{5 \angle 45^\circ} = 44 \angle -45^\circ \text{ A}$$

$$\dot{I}_{CA} = \frac{\dot{E}_{CA}}{\dot{Z}} = \frac{220 \angle -120^\circ}{5 \angle 45^\circ} = 44 \angle -165^\circ \text{ A}$$

As correntes de linha são dadas por:

$$\dot{I}_A = \dot{I}_{AB} - \dot{I}_{CA} = 44 \angle 75^\circ - 44 \angle -165^\circ$$

$$\dot{I}_A = 76,21 \angle 45^\circ \text{ A}$$

$$\dot{I}_B = \dot{I}_{BC} - \dot{I}_{AB} = 44 \angle -45^\circ - 44 \angle 75^\circ$$

$$\dot{I}_B = 76,21 \angle -75^\circ \text{ A}$$

$$\dot{I}_C = \dot{I}_{CA} - \dot{I}_{BC} = 44 \angle -165^\circ - 44 \angle -45^\circ$$

$$\dot{I}_C = 76,21 \angle 165^\circ \text{ A}$$

Exercício 1:

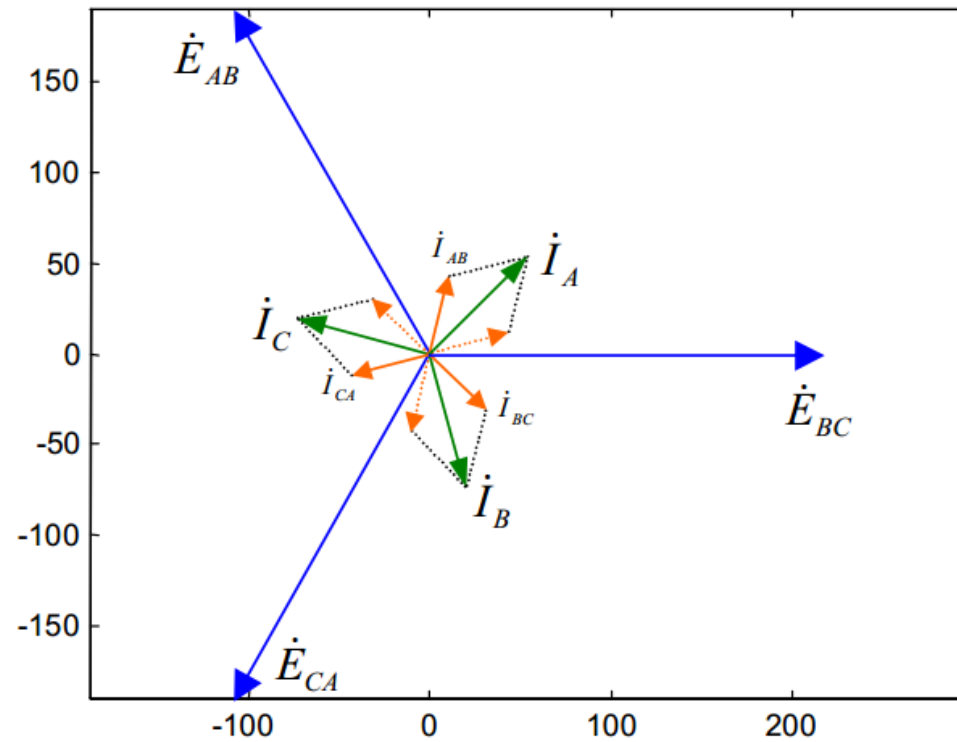
Conforme pode-se observar os módulos das correntes são iguais e para uma carga equilibrada ligada em  $\Delta$ , a corrente de linha é  $\sqrt{3}$  vezes a corrente de fase:

$$\begin{aligned} I_A &= I_B = I_C = 76,21 \text{ A} \\ I_{AB} &= I_{BC} = I_{CA} = 44 \text{ A} \end{aligned}$$

$$\frac{I_\ell}{I_f} = \frac{76,21}{44} = \sqrt{3}$$

Exercício 1:

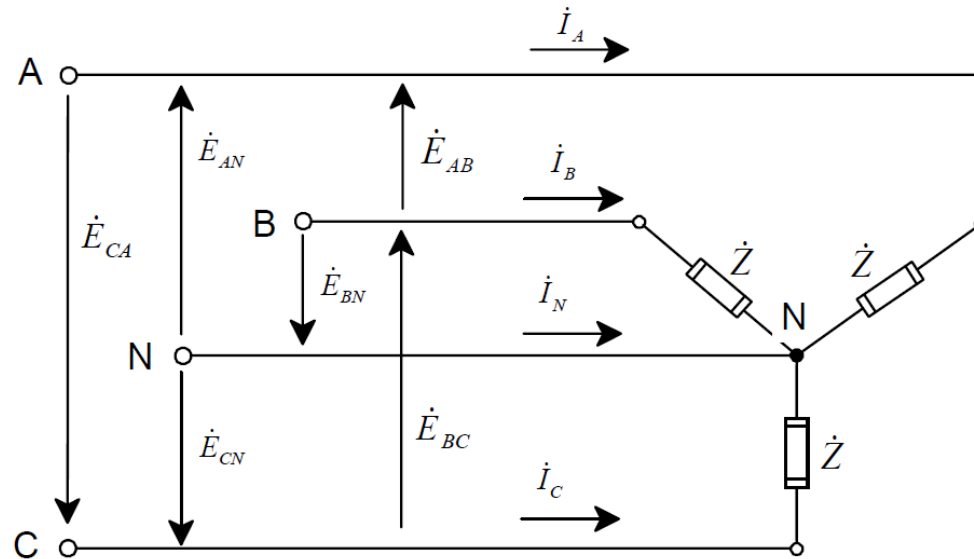
**Diagrama fasorial** para o circuito alimentado com a sequência ABC.:



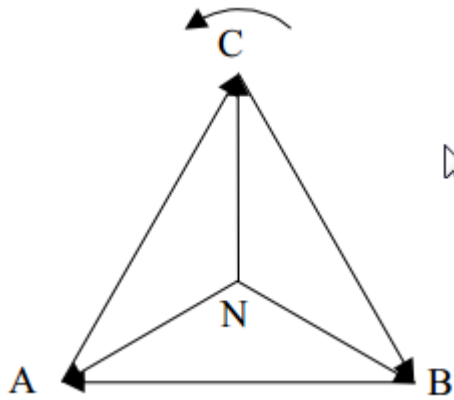
## Exercício2:

A figura abaixo apresenta uma carga trifásica equilibrada ligada em Y. Cada uma das impedâncias tem valor  $Z=2 \angle -30^\circ \Omega$ . O gerador está ligado com a sequência CBA e o valor da tensão de linha é de 220 V. Para esta configuração, calcule as correntes de fase e de linha.

$$E_{an} = 127 \angle -150^\circ; E_{bn} = 127 \angle -30^\circ; E_{cn} = 127 \angle 90^\circ;$$



## Exercício 2:



$$\dot{I}_A = \frac{\dot{E}_{AN}}{\dot{Z}} = \frac{127,02 \angle -150^\circ}{2 \angle -30^\circ} = 63,51 \angle -120^\circ \text{ A}$$

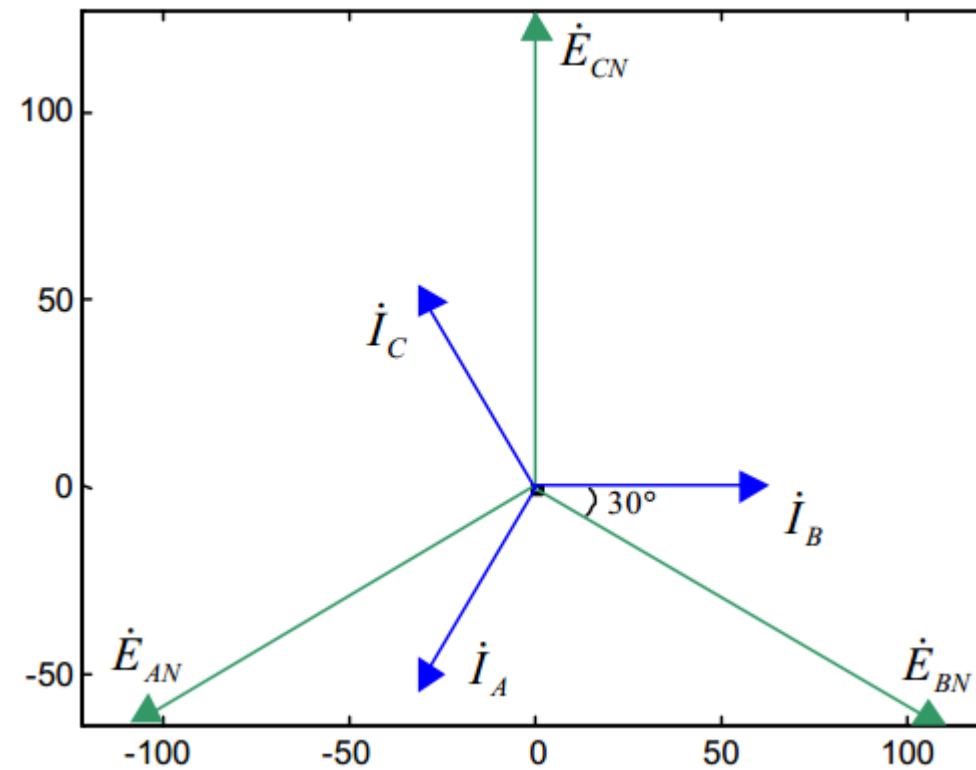
$$\dot{I}_B = \frac{\dot{E}_{BN}}{\dot{Z}} = \frac{127,02 \angle -30^\circ}{2 \angle -30^\circ} = 63,51 \angle 0^\circ \text{ A}$$

$$\dot{I}_C = \frac{\dot{E}_{CN}}{\dot{Z}} = \frac{127,02 \angle 90^\circ}{2 \angle -30^\circ} = 63,51 \angle 120^\circ \text{ A}$$

$$\dot{I}_N = \dot{I}_A + \dot{I}_B + \dot{I}_C = 0$$

## Exercício 2:

**Diagrama fasorial** para o circuito alimentado com a sequência CBA.





# Potência Trifásica

$$P = \sqrt{3} \cdot V_L \cdot I_L \cdot \cos \theta$$

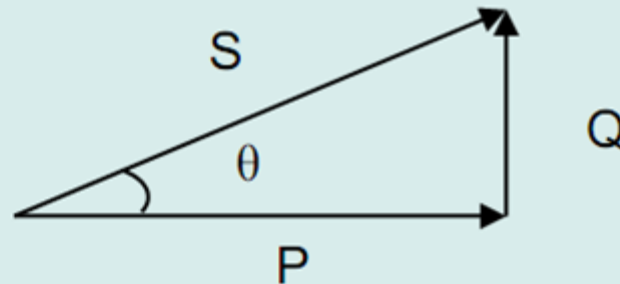
Ativa, real [W]

$$Q = \sqrt{3} \cdot V_L \cdot I_L \cdot \text{sen} \theta$$

Reativa [VAR]

$$S = \sqrt{3} \cdot V_L \cdot I_L$$

Aparente [VA]



### Exercício 3:

Para um motor trifásico de 1 cv, 220/127V, FP = 0,7, rendimento de 80%, determine a corrente de linha e as potências ativa, reativa e aparente.

$$I_L = \frac{cv}{V_L \cdot \sqrt{3} \cdot \cos\theta \cdot \eta} \quad I_L = \frac{735,5.1}{220 \cdot \sqrt{3} \cdot 0,7 \cdot 0,8}$$

$$I_L \cong 3,45 \text{ A}$$

$$P \cong 919,4 \text{ W} \quad Q \cong 937,9 \text{ VAR} \quad S \cong 1313,4 \text{ VA}$$

Exercício 3:

Para um motor trifásico de 1cv, 220/127V, FP=0,92, rendimento de 80%, determine a corrente de linha e as potências ativa, reativa e aparente.

$$I_L = \frac{cv}{V_L \cdot \sqrt{3} \cdot \cos\theta \cdot \eta} \quad I_L = \frac{735,5.1}{220 \cdot \sqrt{3} \cdot 0,92 \cdot 0,8}$$

$$I_L \cong 2,62 \text{ A}$$

$$P \cong 919,4 \text{ W}$$

$$Q \cong 391,6 \text{ VAR}$$

$$S \cong 999,3 \text{ VA}$$



---

# REVISÃO

---

CIRCUITOS MONOFÁSICOS  
SEP  
CIRCUITOS TRIFÁSICOS  
EQUIPAMENTOS  
POTÊNCIA  
FATOR DE POTÊNCIA