

# ACIONAMENTOS ELÉTRICOS

PÓS-GRADUAÇÃO EM AUTOMAÇÃO E CONTROLE INDUSTRIAL

Prof. André Kuhn

# ACIONAMENTOS ELÉTRICOS

- Prof. André Kuhn
  - Tecnólogo em Automação Industrial – Instituto Federal de Sergipe
  - Mestre em Mecatrônica – Universidade Federal da Bahia
  - Doutorando em Mecatrônica – Universidade Federal da Bahia
  - E-mail: [andrekuhn.automacao@gmail.com](mailto:andrekuhn.automacao@gmail.com)
  - Cel. 55 (71) 9 9967-3695

# SUMÁRIO

- Motores Trifásicos
  - Motor de indução com rotor gaiola de esquilo
  - Motor de rotor bobinado
  - Princípio de funcionamento de um motor trifásico
  - Características dos motores trifásicos
  - Conexão dos enrolamentos
  - Identificação das bobinas de um motor de indução trifásica

# MOTORES TRIFÁSICOS

- Mais utilizado nas indústrias e ambiente doméstico
- Facilidade da distribuição de energia elétrica ser trifásica
- Aconselhável a utilização a partir dos 2kW
- Partida mais fácil em relação ao monofásico
- Ruído menor e mais barato do que motores monofásicos para potência acima de 2kW

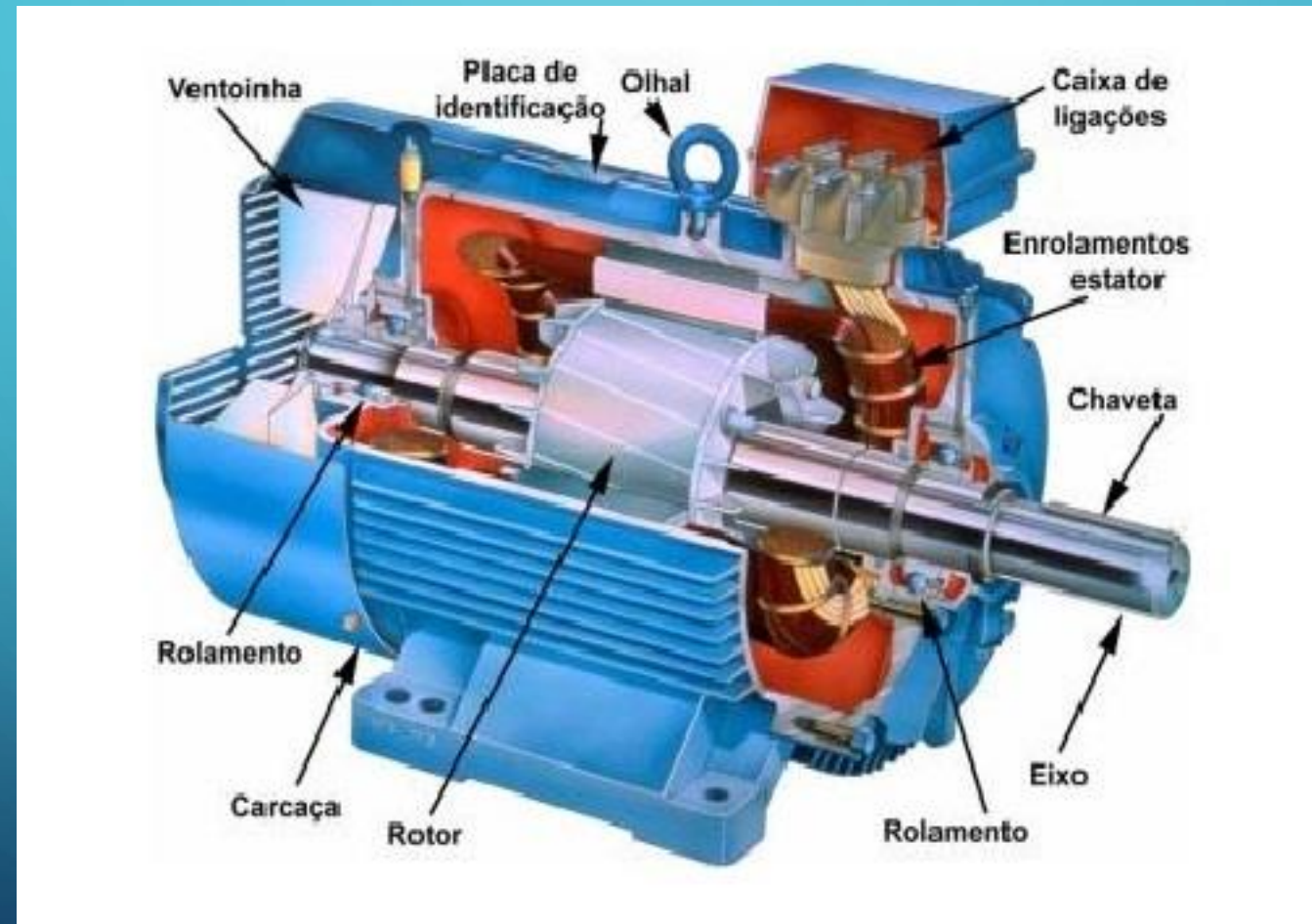
# MOTOR DE INDUÇÃO COM ROTOR GAIOLA DE ESQUILO

- Motor mais utilizado na indústria
- Motor mais econômico, tanto na construção como na utilização
- Constituído por rotor gaiola de esquilo

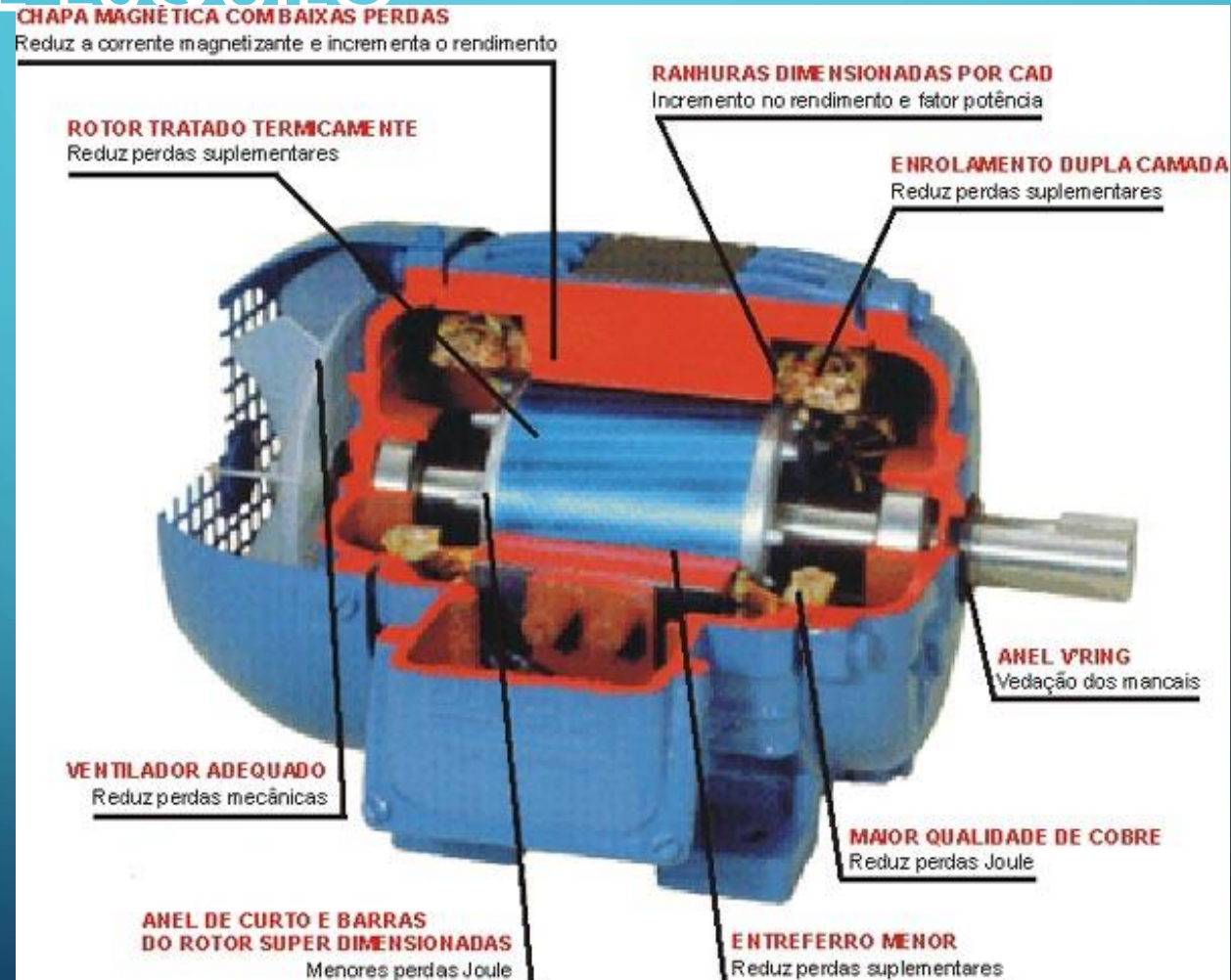
# MOTOR DE INDUÇÃO COM ROTOR GAIOLA DE ESQUILO



# MOTOR DE INDUÇÃO COM ROTOR GAIOLA DE ESQUILO



# MOTOR DE INDUÇÃO COM ROTOR GAIOLA DE ESQUILO

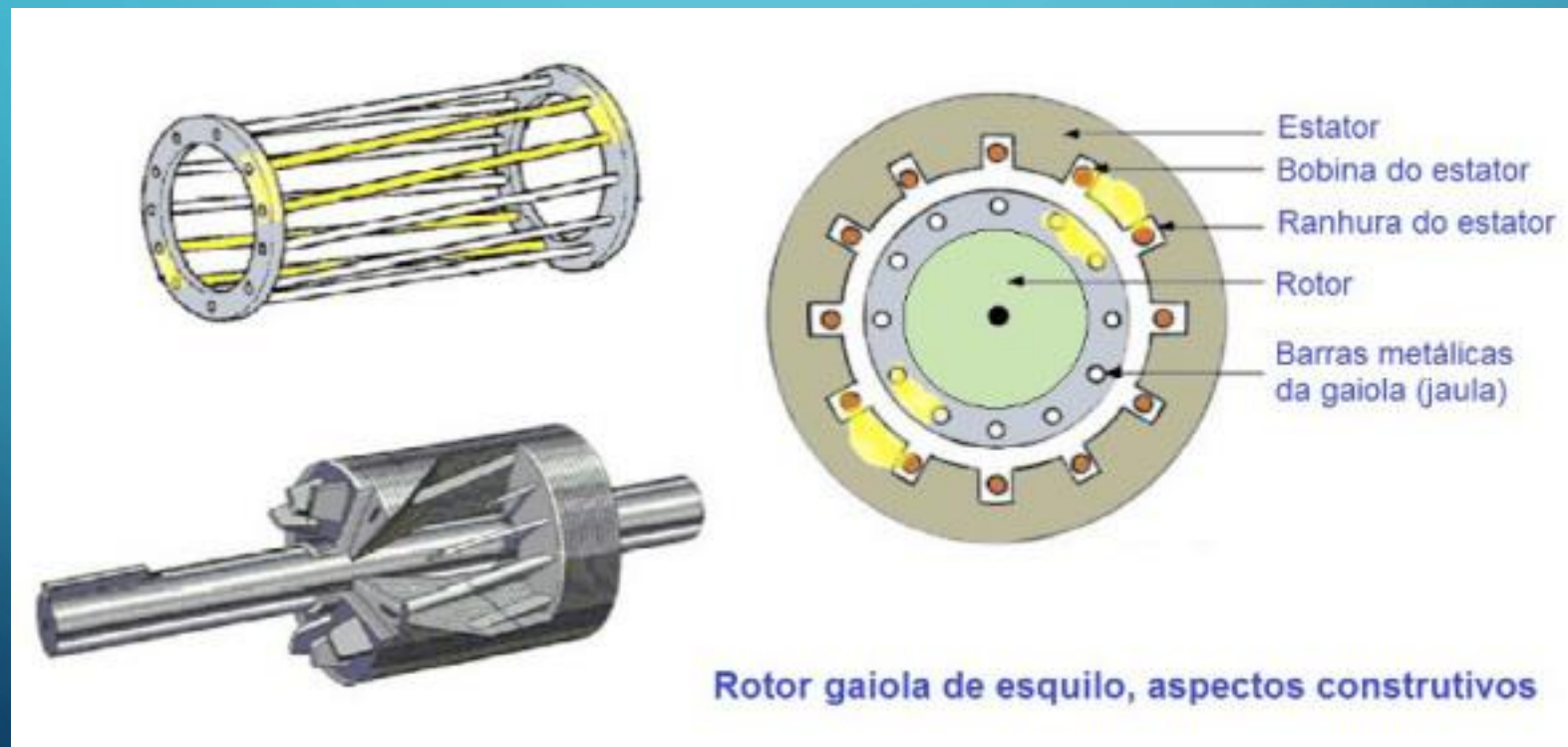


# MOTOR DE INDUÇÃO COM ROTOR GAIOLA DE ESQUILO

- Rotor gaiola de esquilo
  - Constituído por um núcleo de chapas ferromagnéticas
  - Sobre estas chapas, possuem as barras de alumínio (condutores) dispostas paralelamente entre si
  - Nas extremidade das chapas, são unidas por dois anéis condutores, provocando curto circuito

# MOTOR DE INDUÇÃO COM ROTOR GAIOLA DE ESQUILO

- Rotor gaiola de esquilo

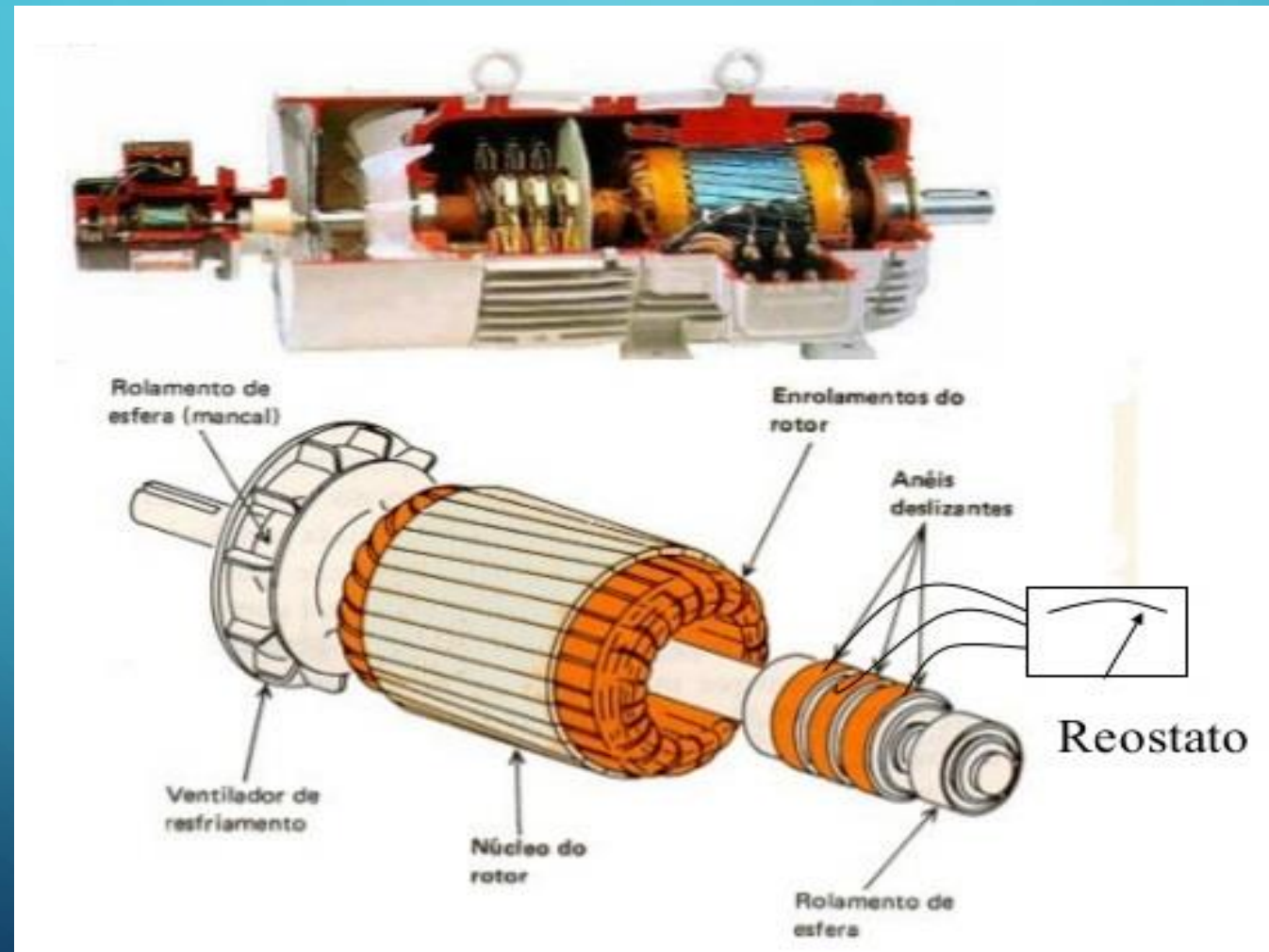




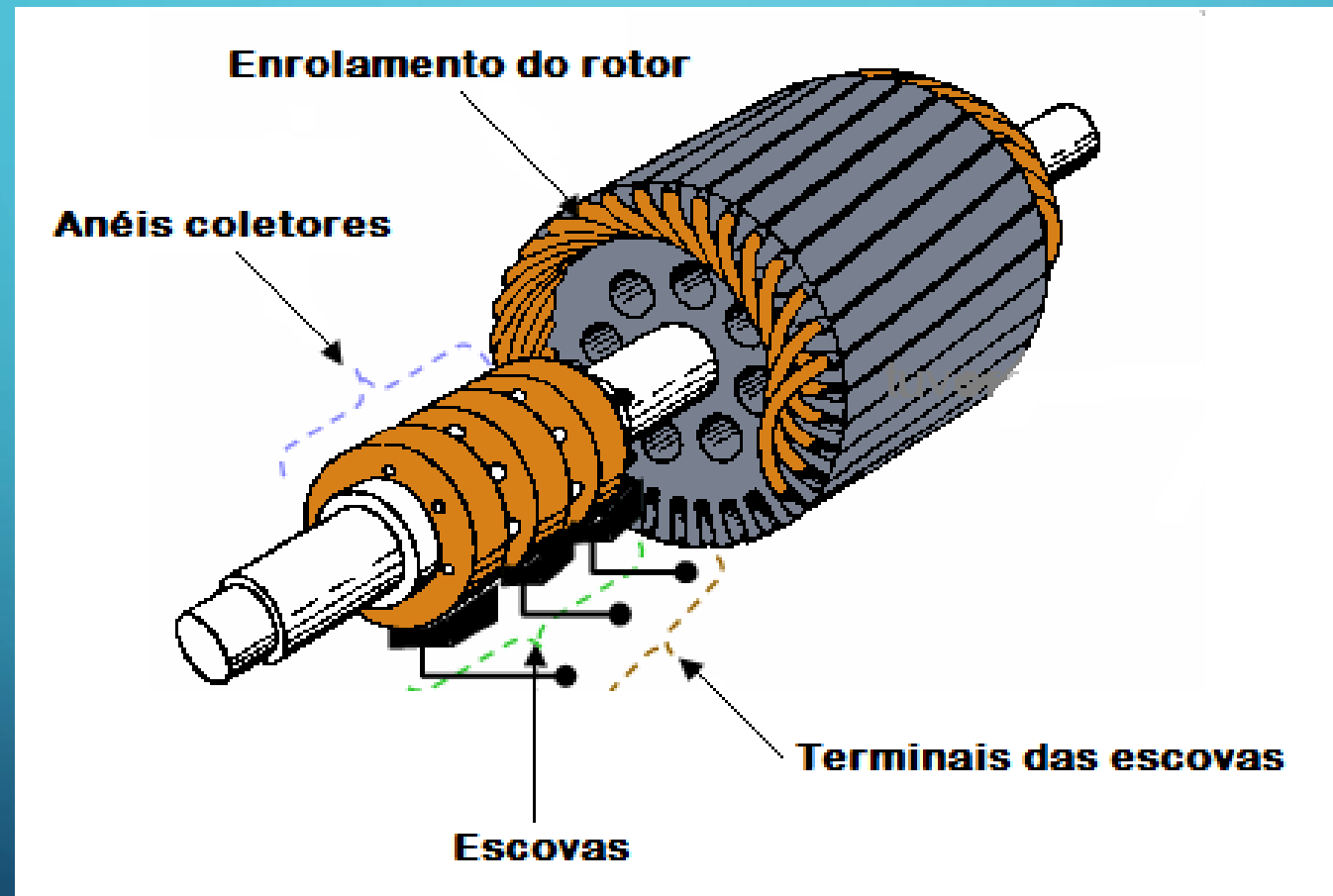
# MOTOR DE ROTOR BOBINADO

- Funcionamento semelhante ao motor anterior, difere por possuir espiras no rotor
- São três terminais de cada bobinas, onde são ligados três anéis de deslizamento de escova, que fica no eixo do rotor

# MOTOR DE ROTOR BOBINADO



# MOTOR DE ROTOR BOBINADO

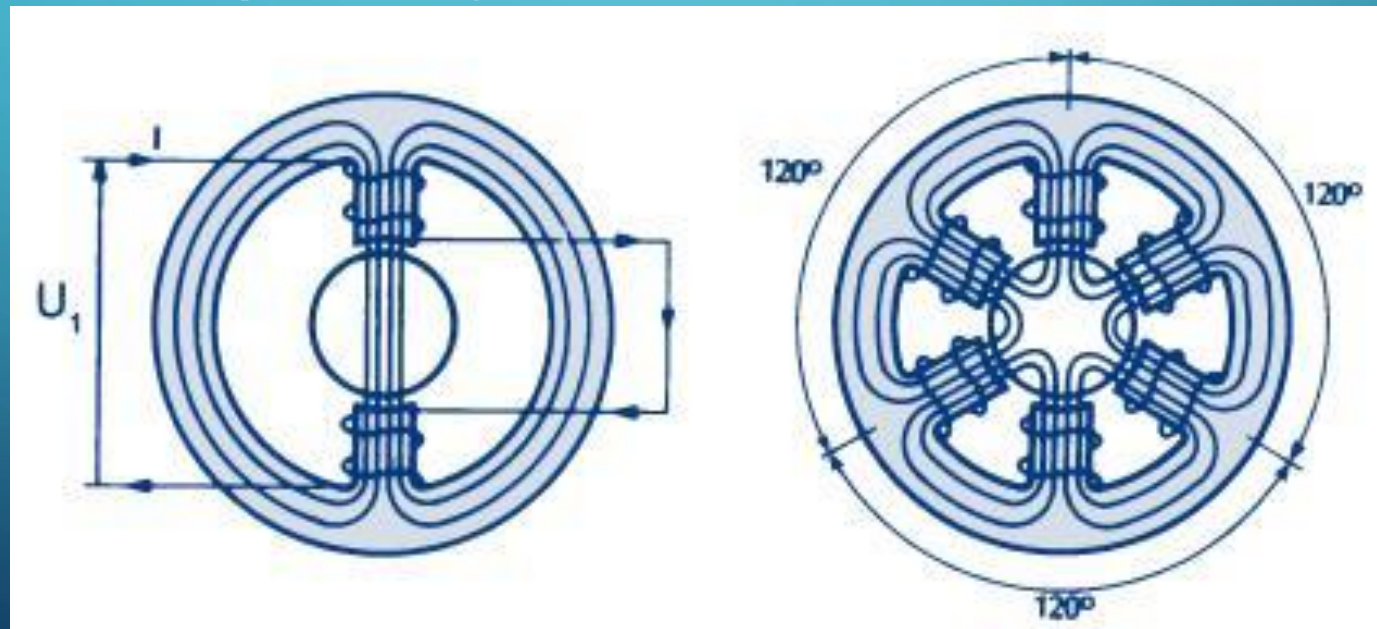


# MOTOR DE ROTOR BOBINADO

- A função do reostato é reduzir as correntes de partida
- A medida que o motor ganha velocidade, os reostatos são progressivamente retiradas do circuito até ficarem curto-circuitadas
- Em potências muito elevada, o motor de rotor bobinado substitui o motor de rotor em gaiola de esquilo

# PRINCIPIO DE FUNCIONAMENTO DO MOTOR TRIFÁSICO

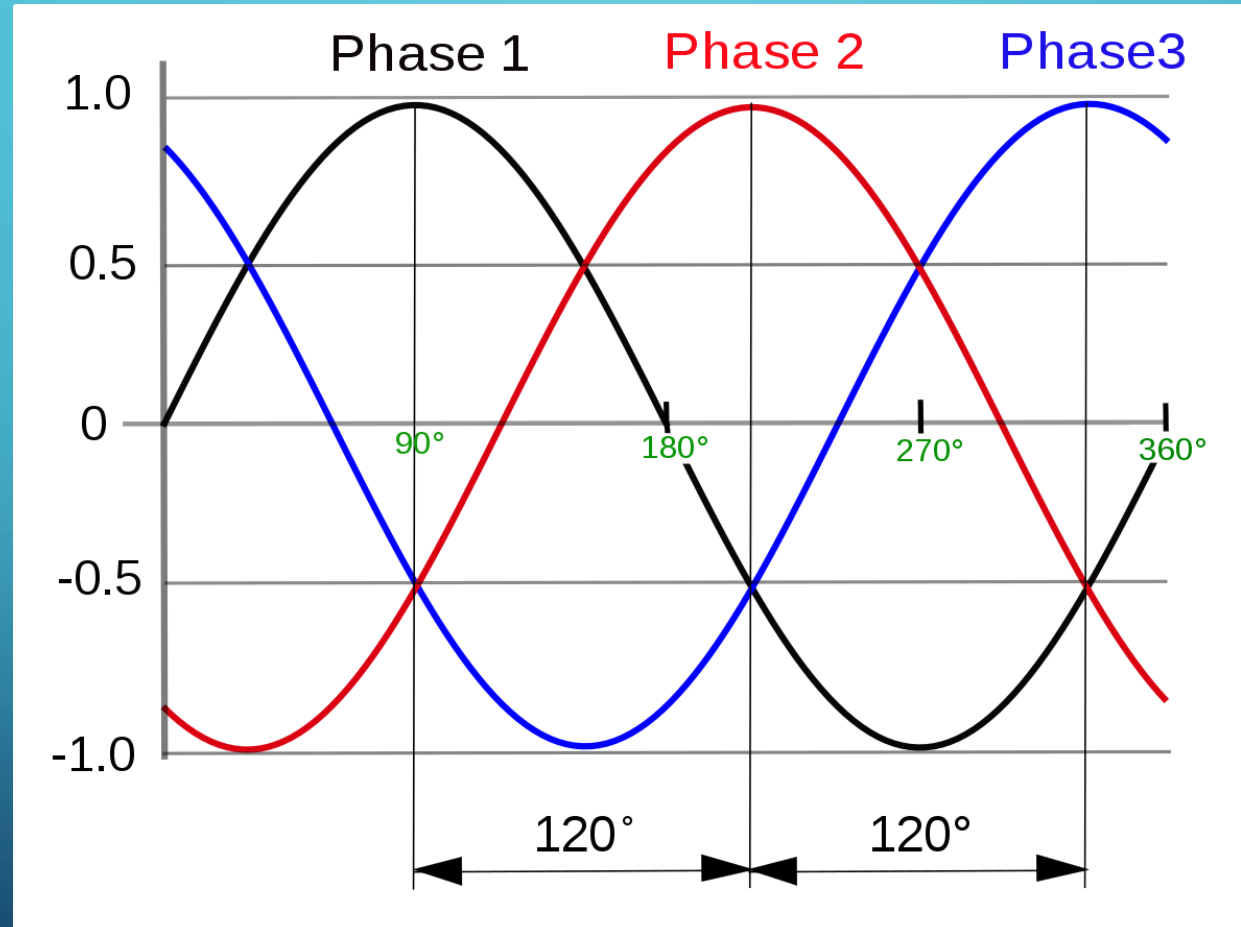
- Quando a bobina é percorrido por uma corrente elétrica, cria-se um campo magnético



# PRINCIPIO DE FUNCIONAMENTO DO MOTOR TRIFÁSICO

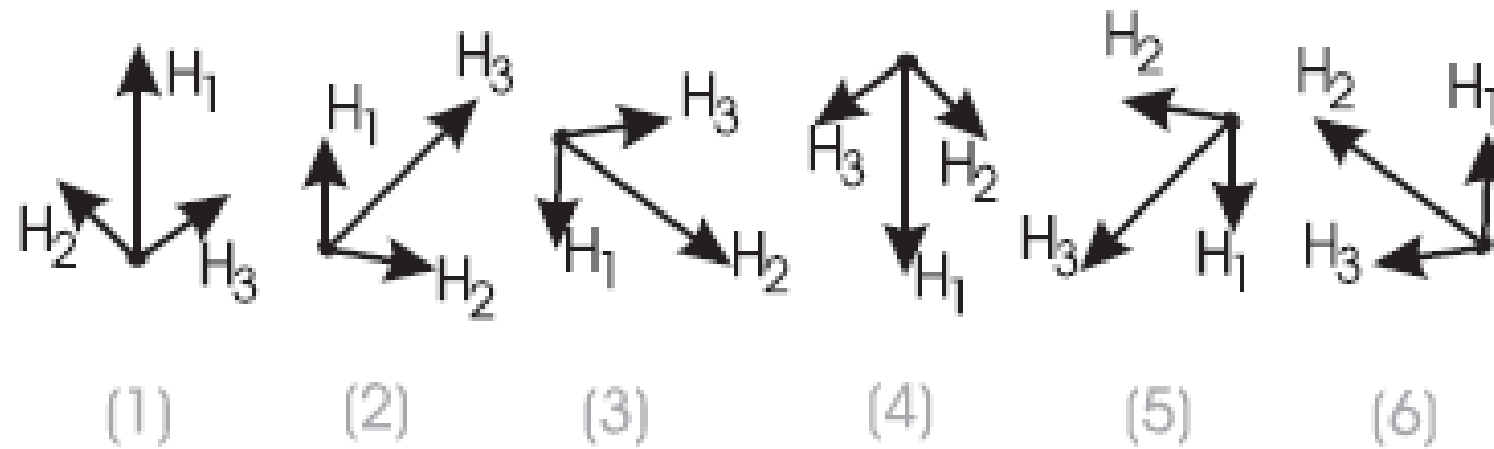
- Se a corrente que atravessa o enrolamento for alternada, o campo magnético (H) também irá variar
- Em alimentação trifásica, as correntes que passam nos três enrolamentos do motor, são defasados em  $120^\circ$

# PRINCIPIO DE FUNCIONAMENTO DO MOTOR TRIFÁSICO

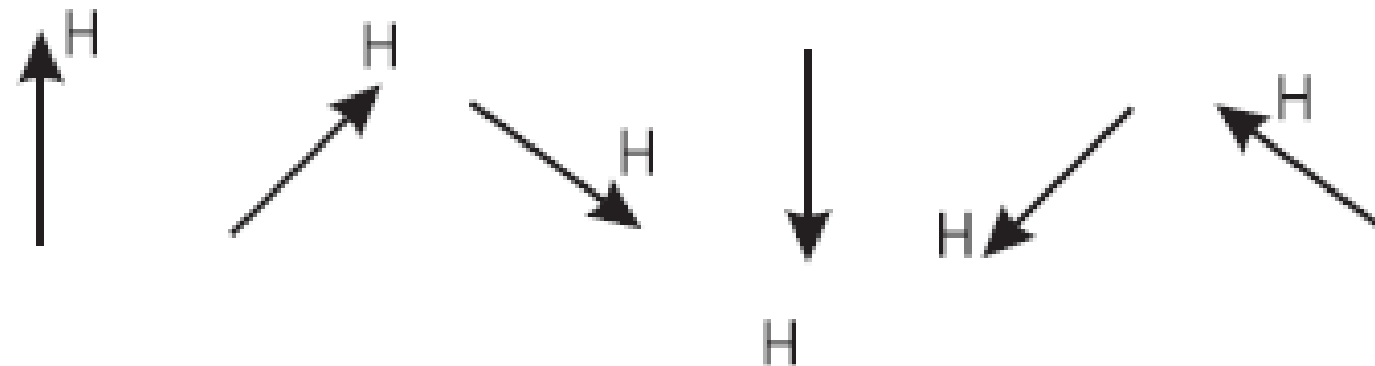


# PRINCIPIO DE FUNCIONAMENTO DO MOTOR TRIFÁSICO

**Soma gráfica**



**Resultante**





# CARACTERÍSTICA DOS MOTORES TRIFÁSICOS

- Rendimento
- Escorregamento
- Conjugado
- Fator de serviço
- Corrente de partida
- Número de rotações
- Sentido de rotação
- Dados de placa

# PRINCIPIO DE FUNCIONAMENTO DO MOTOR TRIFÁSICO

- Rendimento

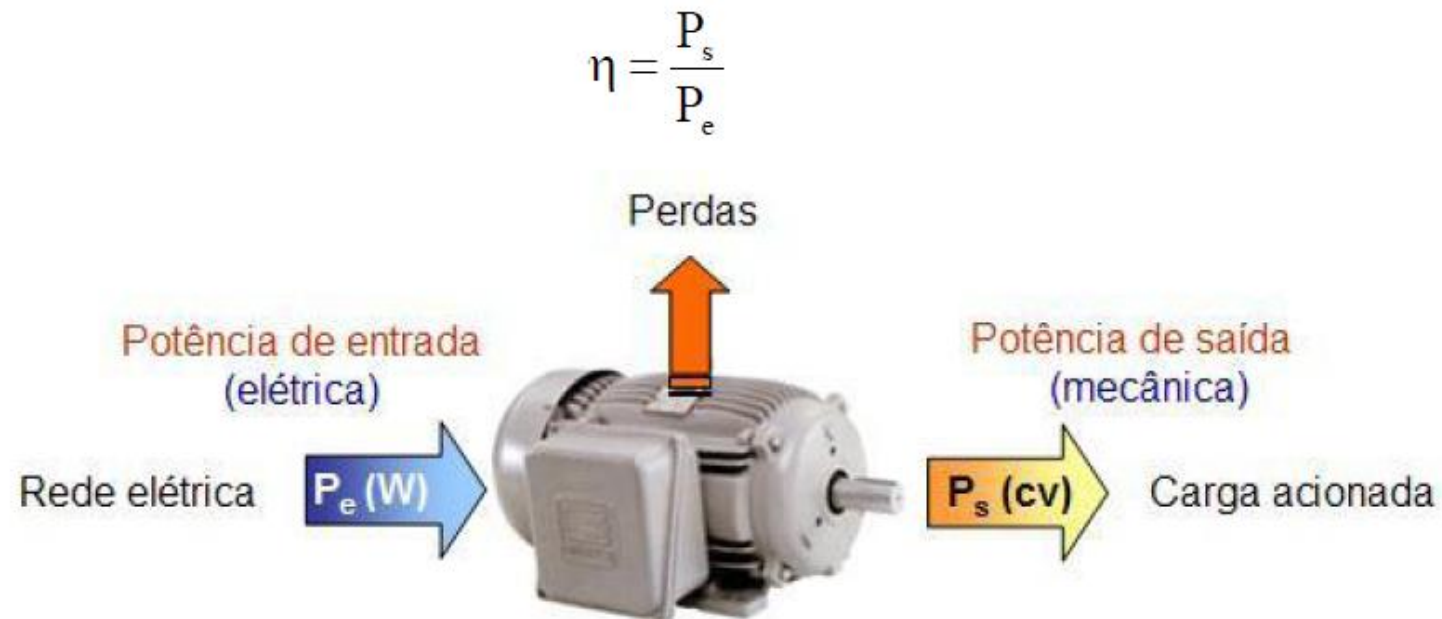


Figura 11 – Fluxo da potência em um motor

# PRINCIPIO DE FUNCIONAMENTO DO MOTOR TRIFÁSICO

- **Rendimento**

$$\eta = \frac{P_{mec}}{P_{el}} (\%)$$

- *P<sub>mec</sub>*: Potência mecânica
- *P<sub>el</sub>*: Potência elétrica

# CARACTERÍSTICA DOS MOTORES TRIFÁSICOS

- **Rendimento**

- É a relação entre a potência ativa fornecida pelo motor e a potência ativa solicitada pelo motor a rede

$$\eta = \frac{P_s}{P_e}$$

- $P_s$ : Potência ativa fornecida pelo motor
- $P_e$ : Potência solicitada pelo motor a rede

# CARACTERÍSTICA DOS MOTORES TRIFÁSICOS

- Escorregamento
  - Se o motor gira a uma velocidade diferente da velocidade síncrona, ou seja, diferente da velocidade do campo girante, o enrolamento do rotor corta as linhas de força magnética do campo e, pelas leis do eletromagnetismo, circulam correntes induzidas

# CARACTERÍSTICA DOS MOTORES TRIFÁSICOS

- Escorregamento (S)
  - É a diferença entre a velocidade nominal do motor ( $n$ ) e a velocidade síncrona ( $n_s$ ), que pode ser expresso em rpm, como fração da velocidade síncrona ou como porcentagem desta

# CARACTERÍSTICA DOS MOTORES TRIFÁSICOS

- Escorregamento ( $S$ )

$$S = ns - n$$

$$S(\%) = 100 \cdot \frac{(ns - n)}{ns}$$

- $ns$ : Velocidade síncrona
- $n$ : Velocidade nominal
- $S$ : Escorregamento

# CARACTERÍSTICA DOS MOTORES TRIFÁSICOS

- Escorregamento (Exercício resolvido)
  - Qual é o escorregamento de um motor de quatro polos 60Hz se sua velocidade é 1730 rpm?

$$S(\%) = 100 \cdot \frac{(1800 - 1730)}{1800}$$

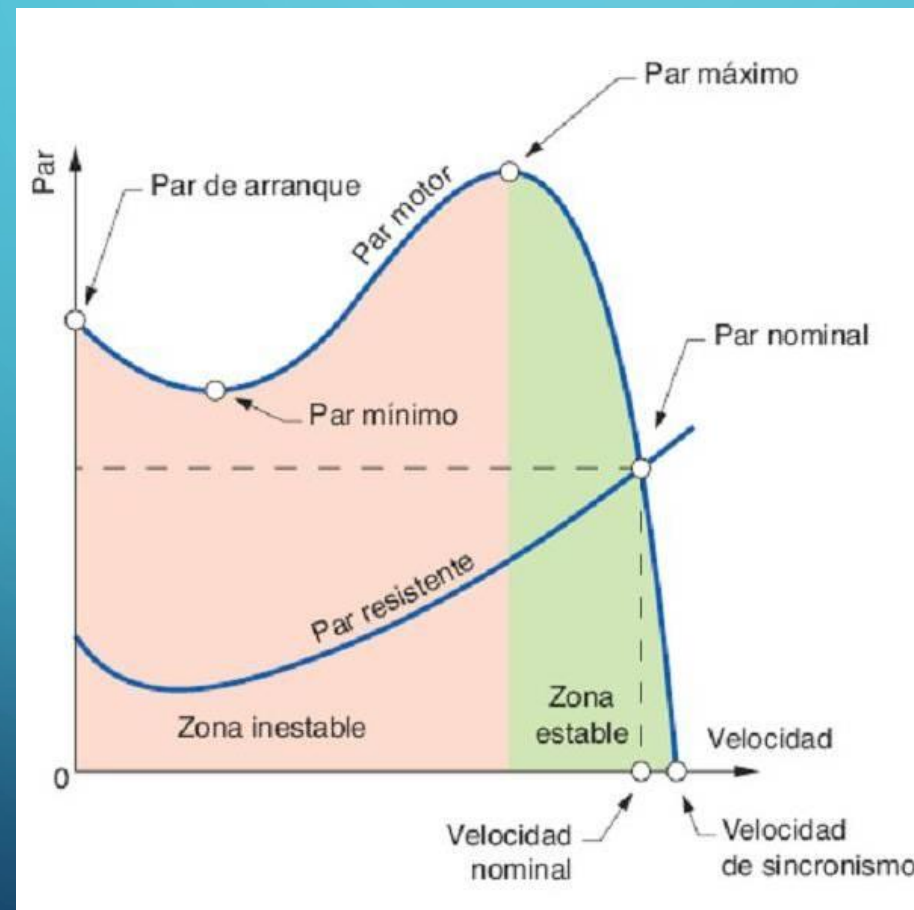
$$S(\%) = 3,88\%$$

# CARACTERÍSTICA DOS MOTORES TRIFÁSICOS

- Conjugado
  - É o torque ou momento de força, é o esforço do motor elétrico para girar um eixo

# CARACTERÍSTICA DOS MOTORES TRIFÁSICOS

- Conjugado



- $n_s$ : Velocidade síncrona
- $n$ : Velocidade nominal
- $S$ : Escorregamento

# CARACTERÍSTICA DOS MOTORES TRIFÁSICOS

- Conjugado
  - Conjugado motor: É o conjugado efetivamente desenvolvido pela máquina
  - Conjugado resistente: É o conjugado oferecido pela carga
  - Conjugado acelerante: É a diferença entre o conjugado do motor e o conjugado resistente

# CARACTERÍSTICA DOS MOTORES TRIFÁSICOS

- Fator de serviço (FS)
  - É o fator que, aplicado à potência nominal, indica a sobrecarga permissível que pode ser aplicada continuamente ao motor sob condições especificadas
  - Exemplo:  $FS = 1,15$ ; o motor suporta continuamente 15% de sobre-carga acima de sua potência nominal

# CARACTERÍSTICA DOS MOTORES TRIFÁSICOS

- Corrente de partida
  - A corrente do motor costuma variar na faixa de seis a oito vezes a corrente nominal durante a partida do motor
  - O fator  $I_p/I_n$  indica quantas vezes a corrente de partida é maior que a nominal

# CARACTERÍSTICA DOS MOTORES TRIFÁSICOS

- Número de rotações
  - Depende de três parâmetros:
    - Frequência da rede
    - Número de polos
    - Escorregamento

# CARACTERÍSTICA DOS MOTORES TRIFÁSICOS

- Número de rotações

$$N_s = \frac{120 \cdot f}{p}$$

$N_s$ : velocidade síncrona em rpm

$f$ : frequência em hertz

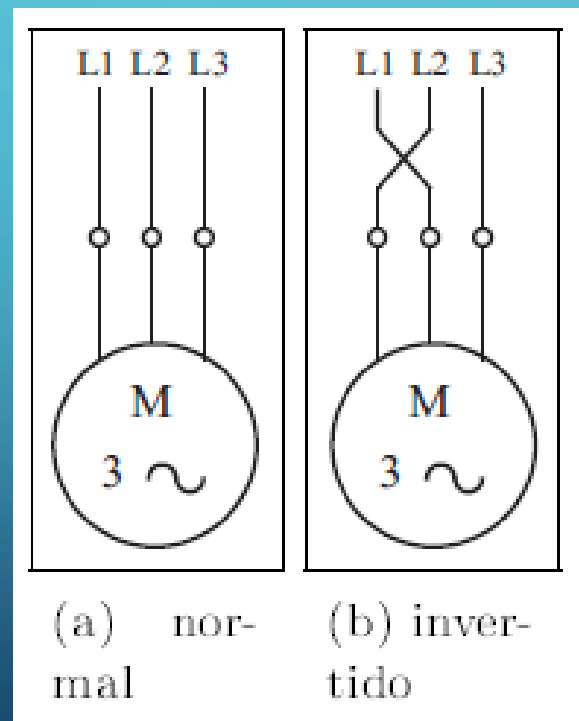
$p$ : número de polos

# CARACTERÍSTICA DOS MOTORES TRIFÁSICOS

- Número de rotações
  - Esta equação não leva em conta o escorregamento, assim o número de rotações será sempre 2% a 4% menor que o calculado mediante a aplicação de carga

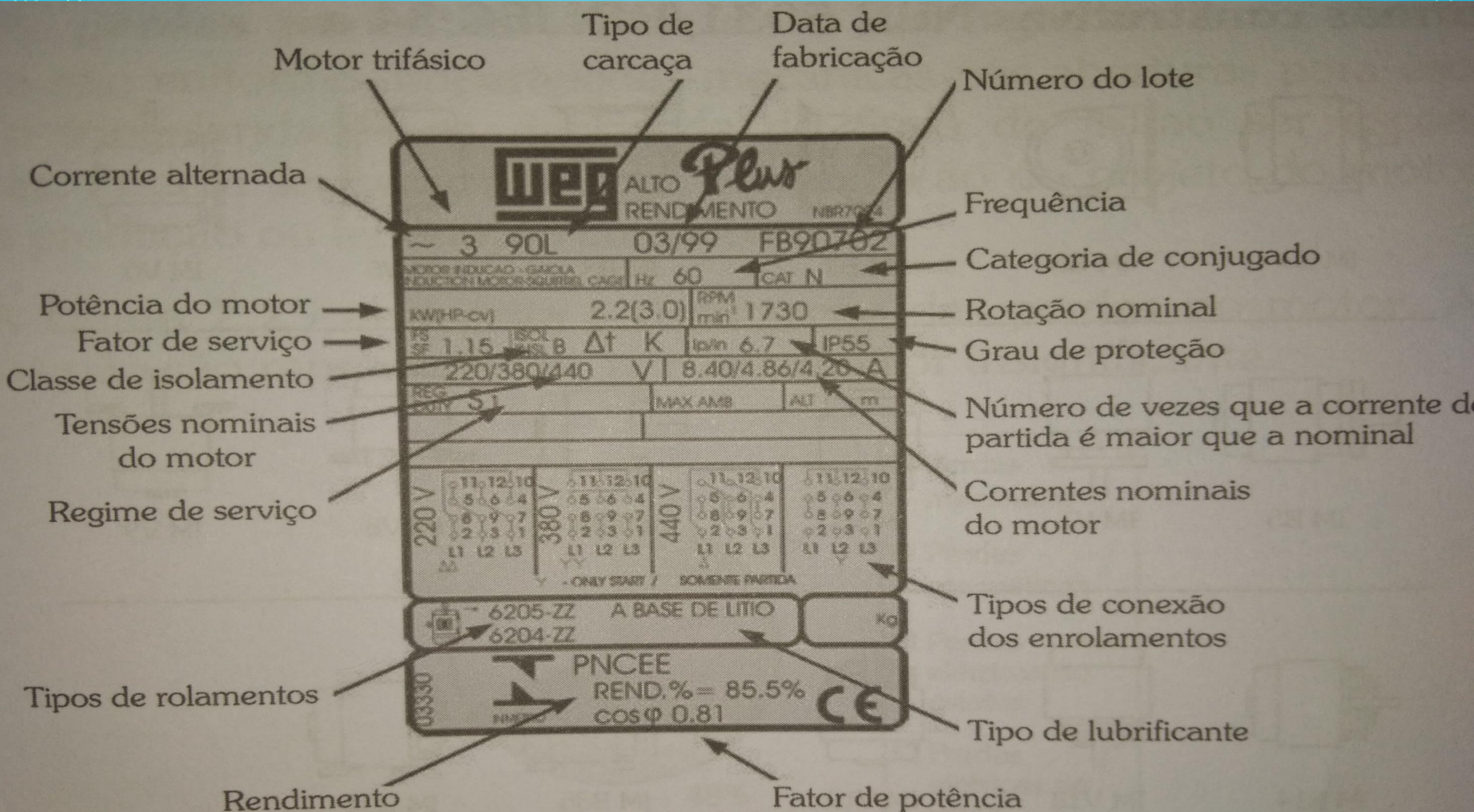
# CARACTERÍSTICA DOS MOTORES TRIFÁSICOS

- Sentido de rotação



# CARACTERÍSTICA DOS MOTORES TRIFÁSICOS

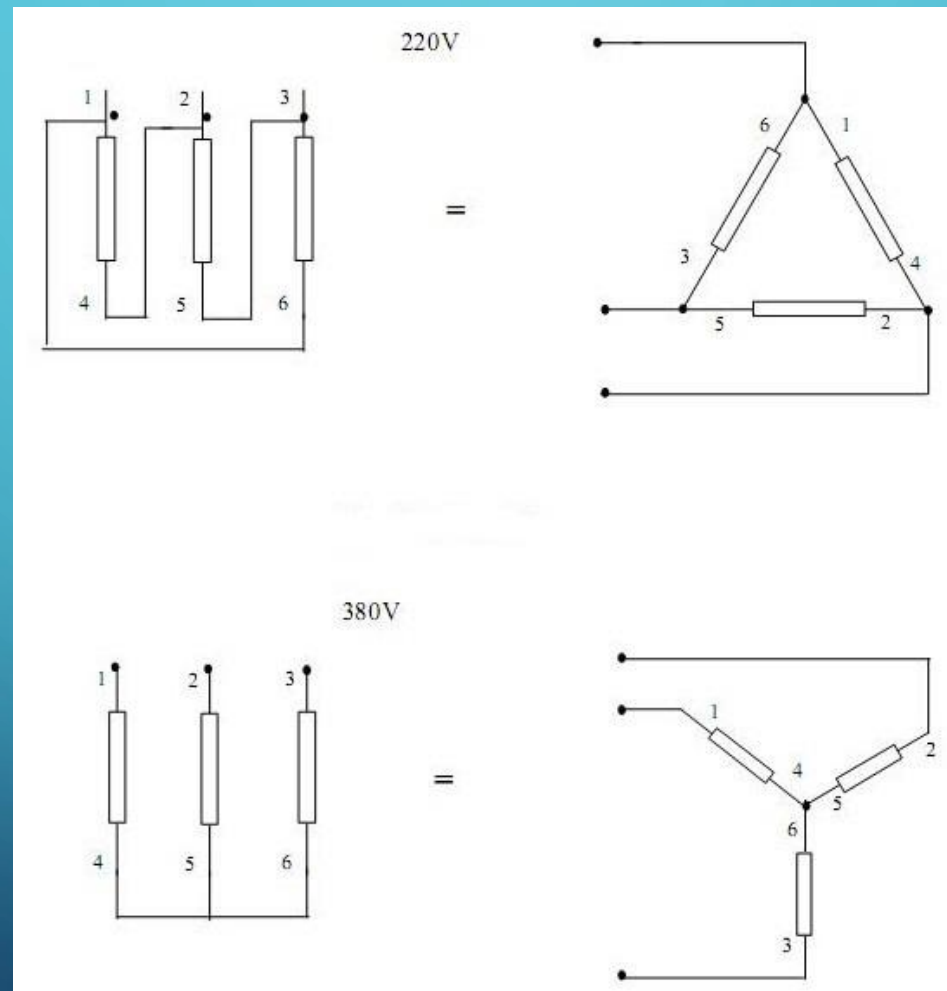
- Dados de placa do motor trifásico



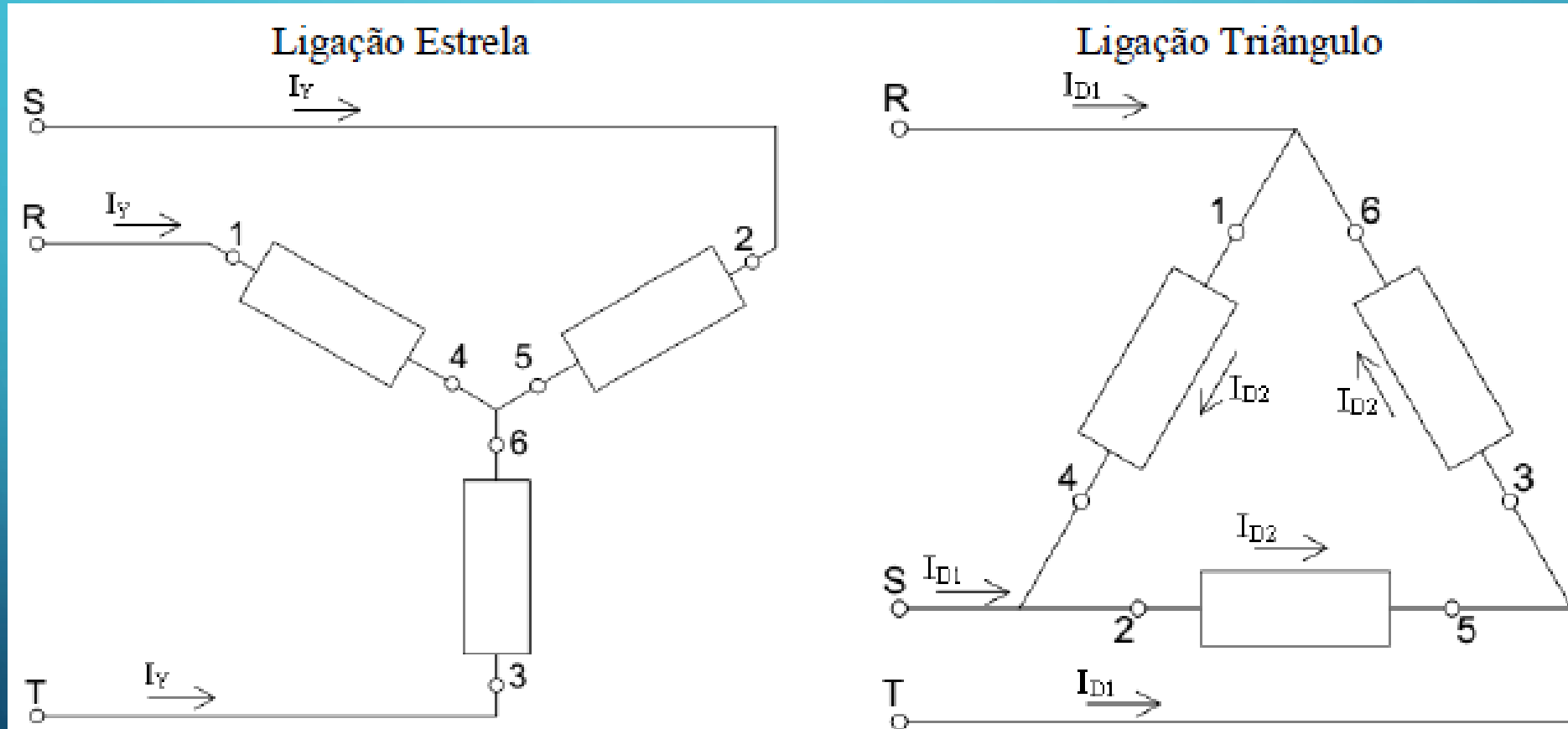
# CONEXÃO DOS ENROLAMENTOS

- Ligação estrela (Y)
  - Tensão de fase diferentes das de linha
  - Corrente circulante é igual ao de linha
- Ligação triângulo ou delta ( $\Delta$ )
  - Tensão de fase é igual ao de linha
  - Corrente circulante diferente ao de linha

# CONEXÃO DOS ENROLAMENTOS

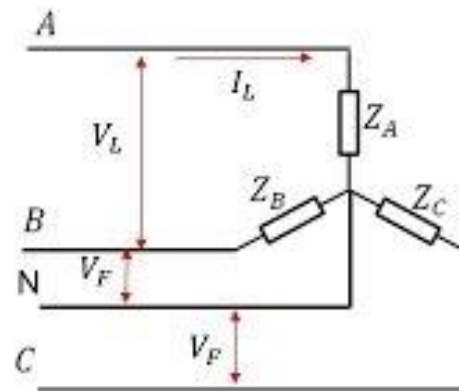


# CONEXÃO DOS ENROLAMENTOS



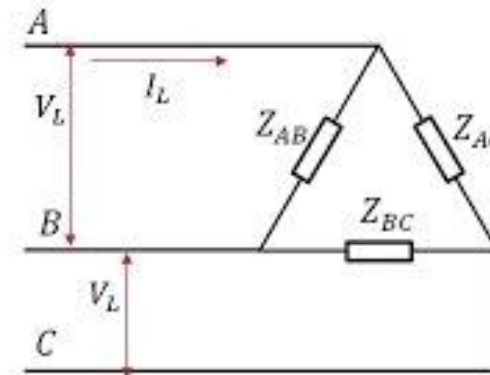
# CONEXÃO DOS ENROLAMENTOS

Sistema equilibrado Y-Δ



$$V_F = \frac{V_L}{\sqrt{3}} = \frac{V_{AB}}{\sqrt{3}} = \frac{V_{BC}}{\sqrt{3}}$$

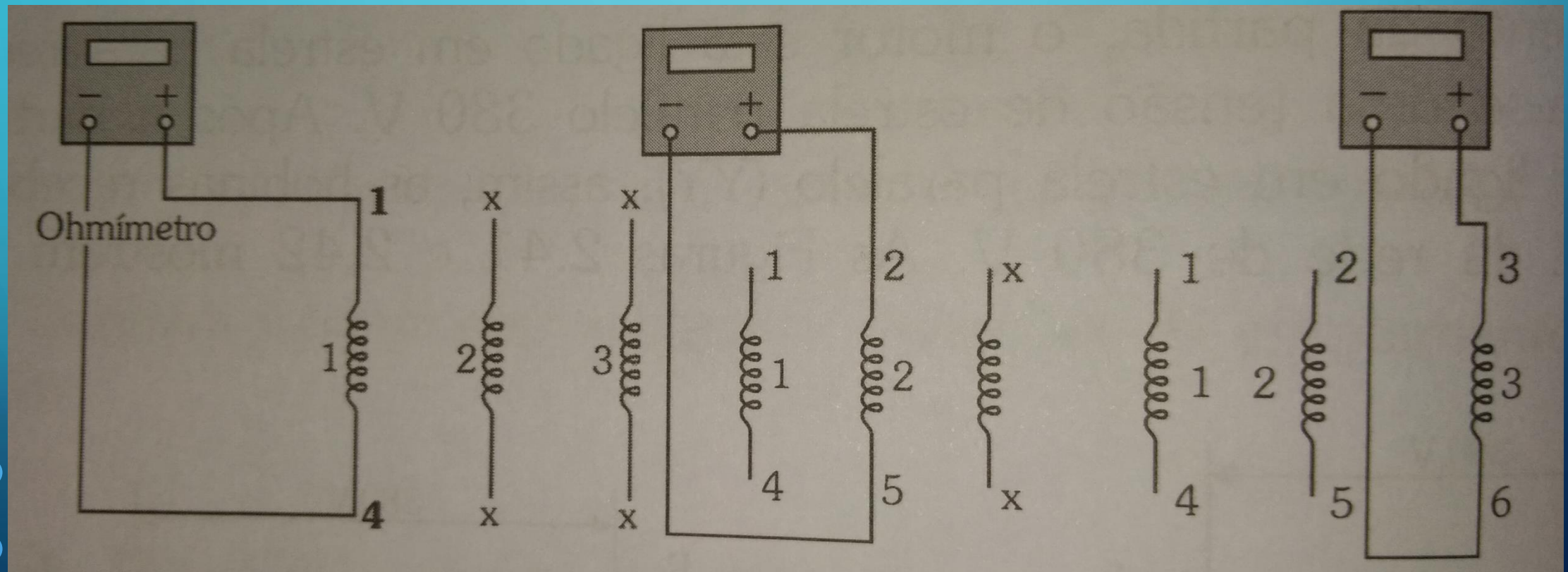
$$I_L = I_F$$



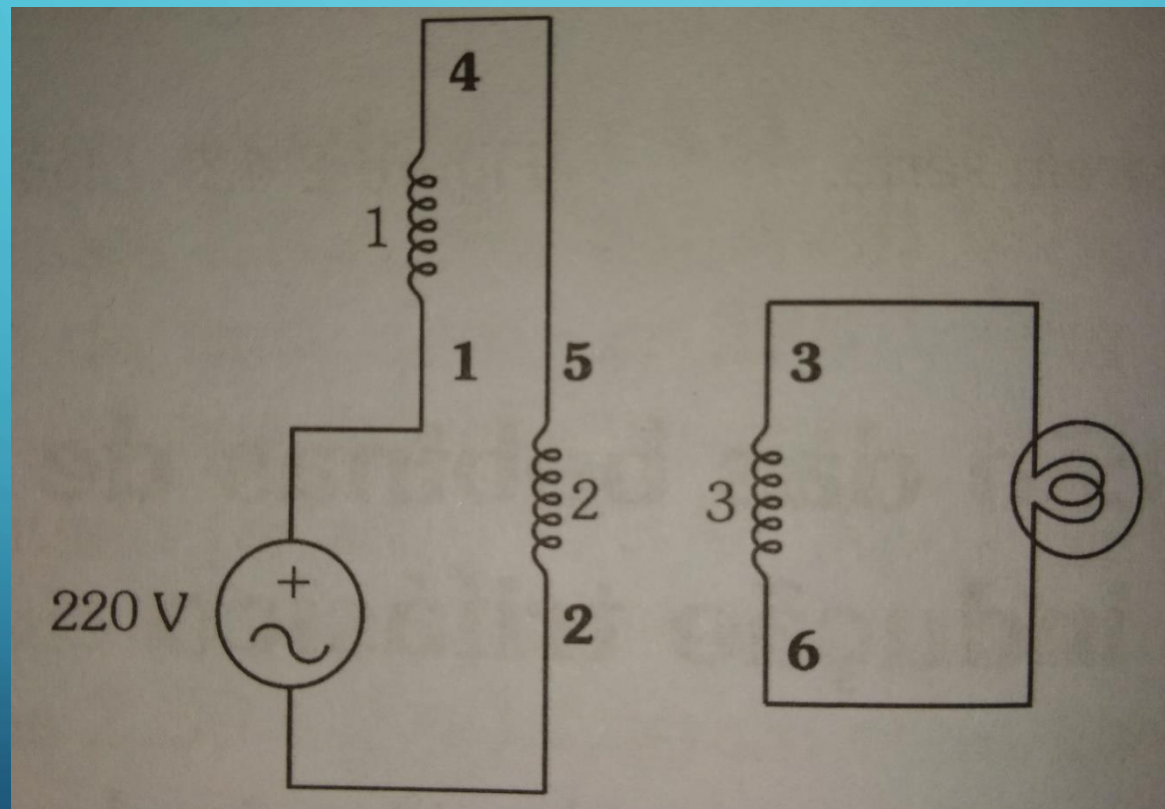
$$V_F = V_L$$

$$I_F = \frac{I_L}{\sqrt{3}}$$

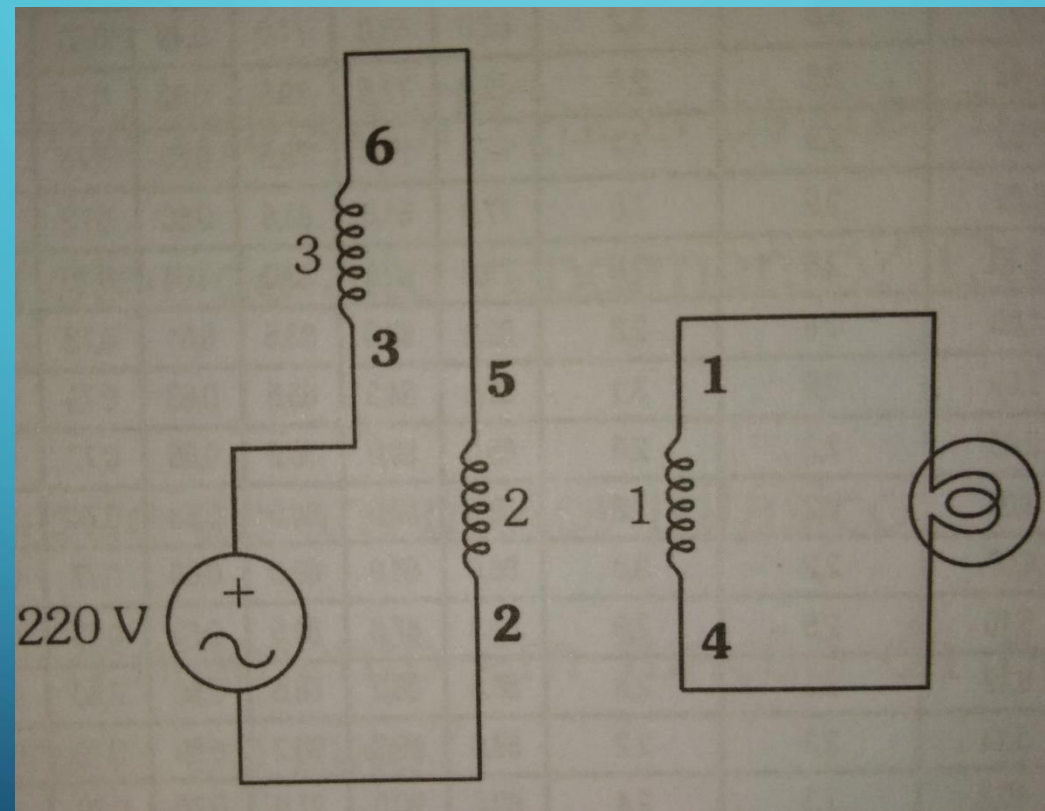
# IDENTIFICAÇÃO DAS BOBINAS DE UM MOTOR DE INDUÇÃO TRIFÁSICO



# IDENTIFICAÇÃO DAS BOBINAS DE UM MOTOR DE INDUÇÃO TRIFÁSICO



# IDENTIFICAÇÃO DAS BOBINAS DE UM MOTOR DE INDUÇÃO TRIFÁSICO





# FIM