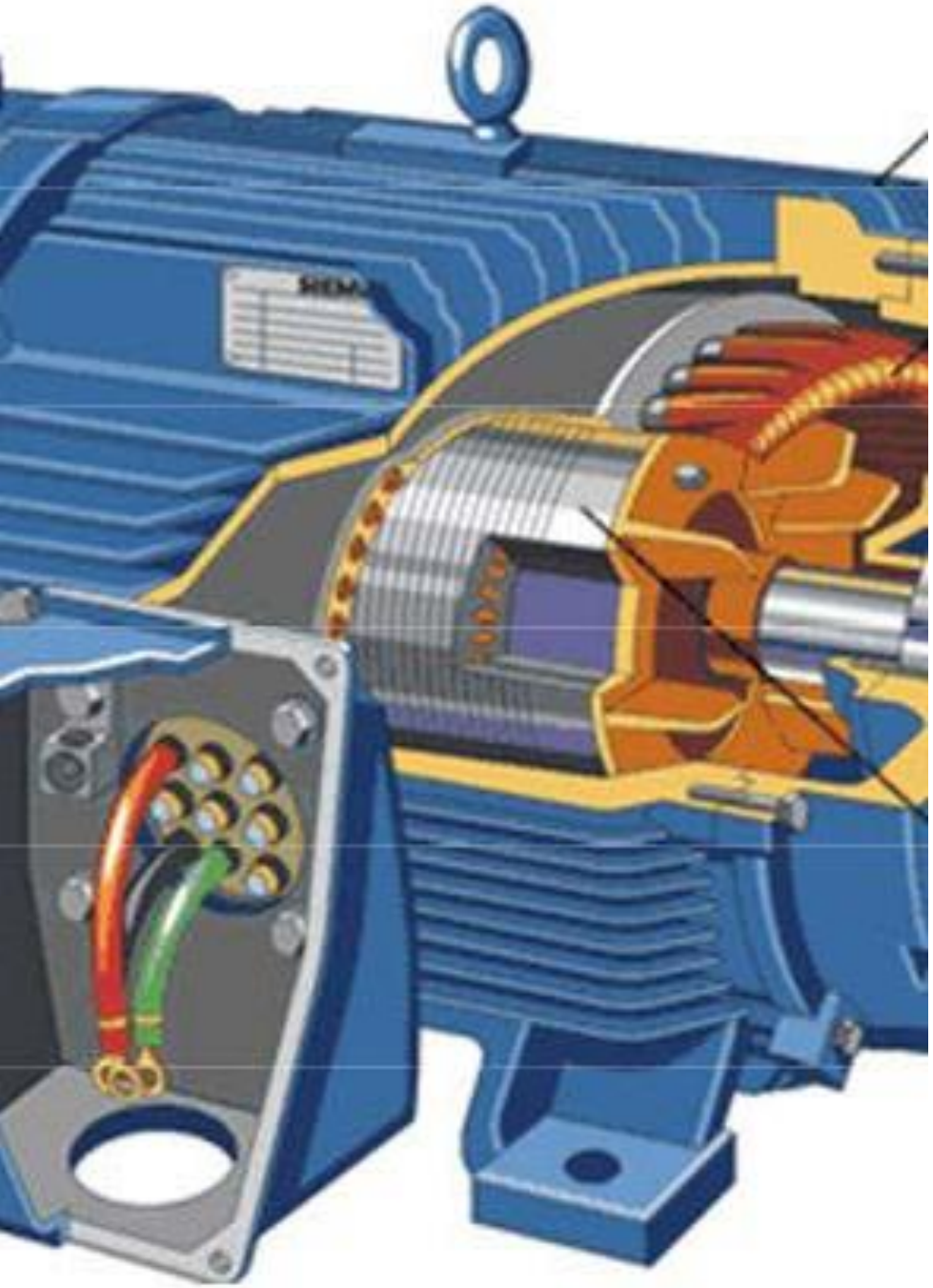
Motor Elétrico

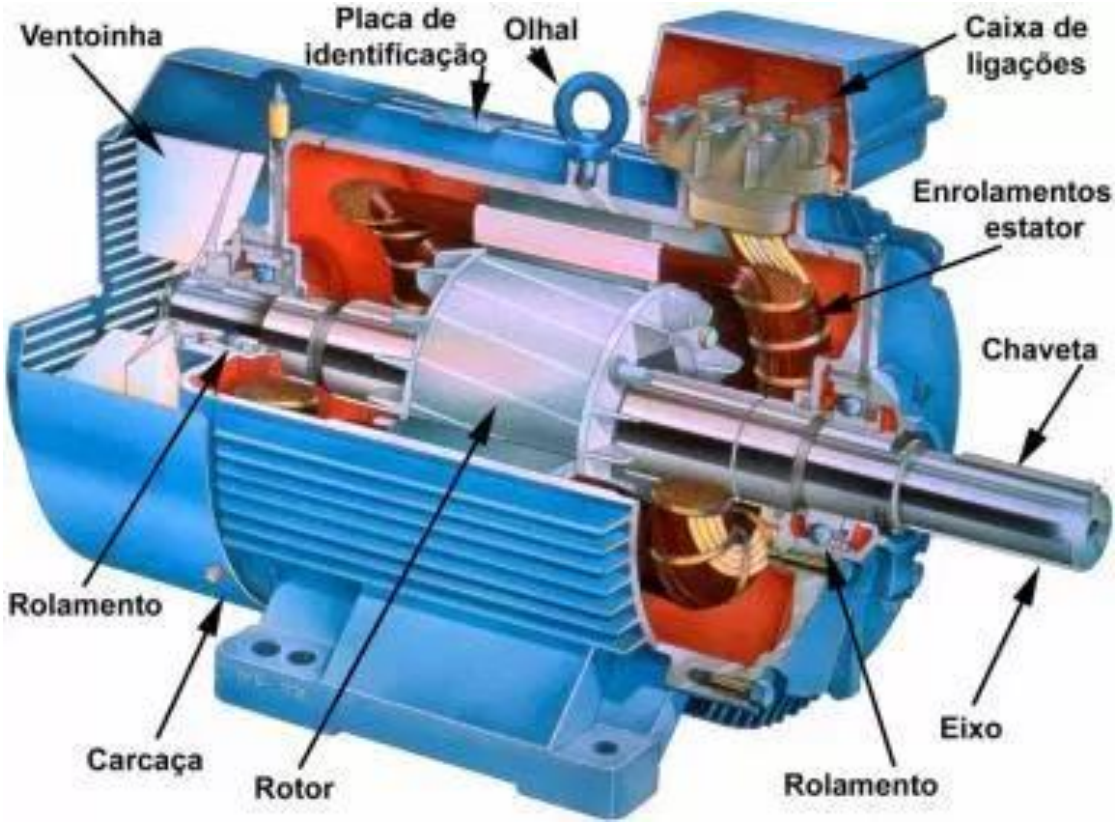
A2

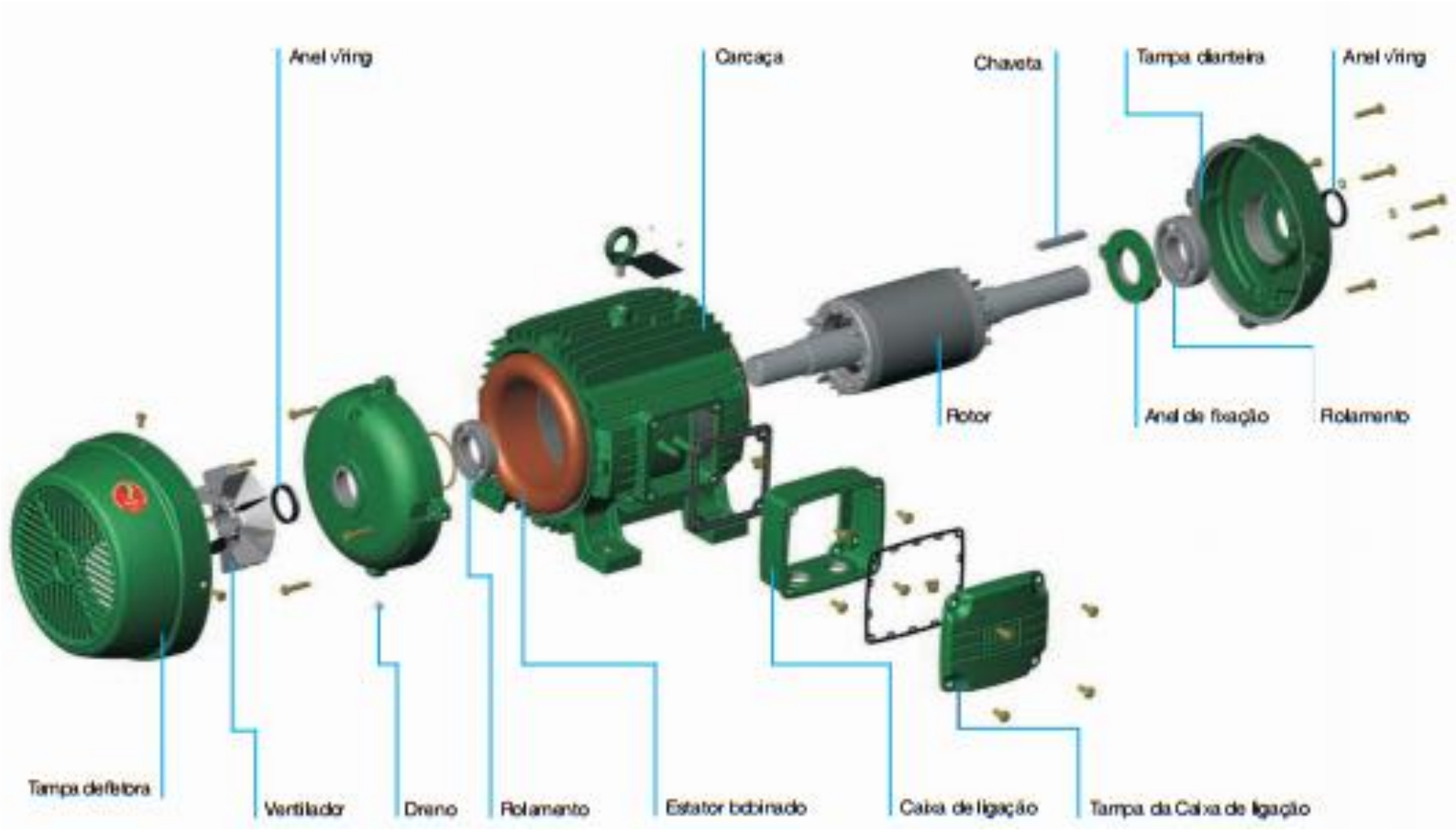


Motor Elétrico

- Motor elétrico é a máquina destinada a transformar energia elétrica em energia mecânica.
- O motor de indução é o mais usado de todos os tipos de motores, pois combina as vantagens da utilização de energia elétrica - baixo custo, facilidade de transporte, limpeza, simplicidade de comando - com sua construção simples e grande versatilidade de adaptação às cargas dos mais diversos tipos e melhores rendimentos.
- Os tipos mais comuns de motores elétricos são:
  - Motores de corrente contínua
  - Motores de corrente alternada

- Motor CA
  - Monofásico
    - Assíncrono
      - Gaiola de esquilo
        - Campo distorcido
        - Fase auxiliar
        - Fase dividida
        - Capacitor de partida
        - Capacitor de permanente
        - Capacitor de dois valores
        - Pólos sombreados
      - Rotor bobinado
        - Repulsão
      - Rotor maciço
        - Histerese
    - Síncrono
      - Relutância
      - Imãs permanentes
  - Linear
    - Indução
    - Imãs permanentes
  - Trifásico
    - Assíncrono
      - Gaiola de esquilo
      - Rotor bobinado
    - Síncrono
      - Imãs permanentes
      - Relutância
      - Pólos lisos
      - Pólos salientes

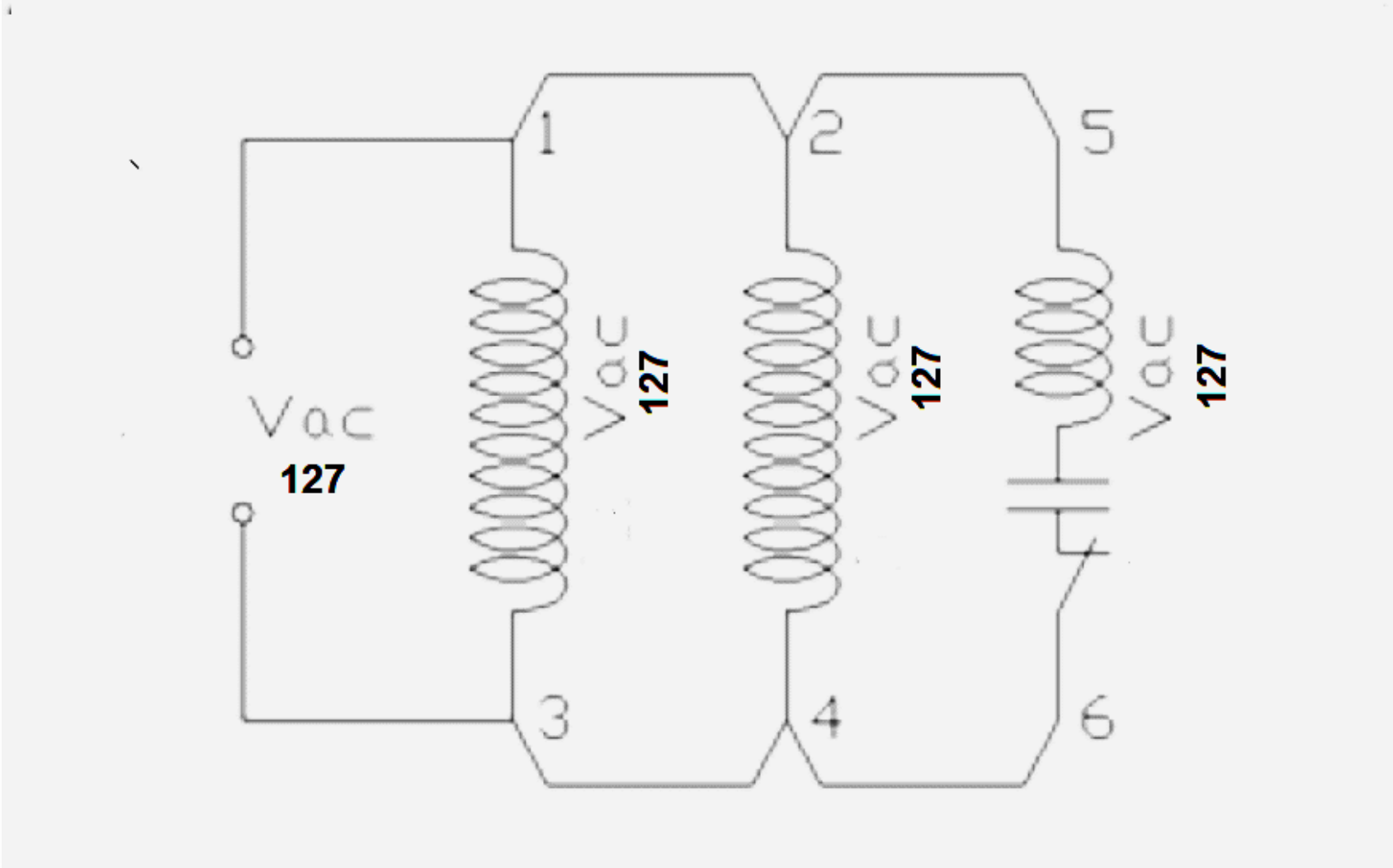


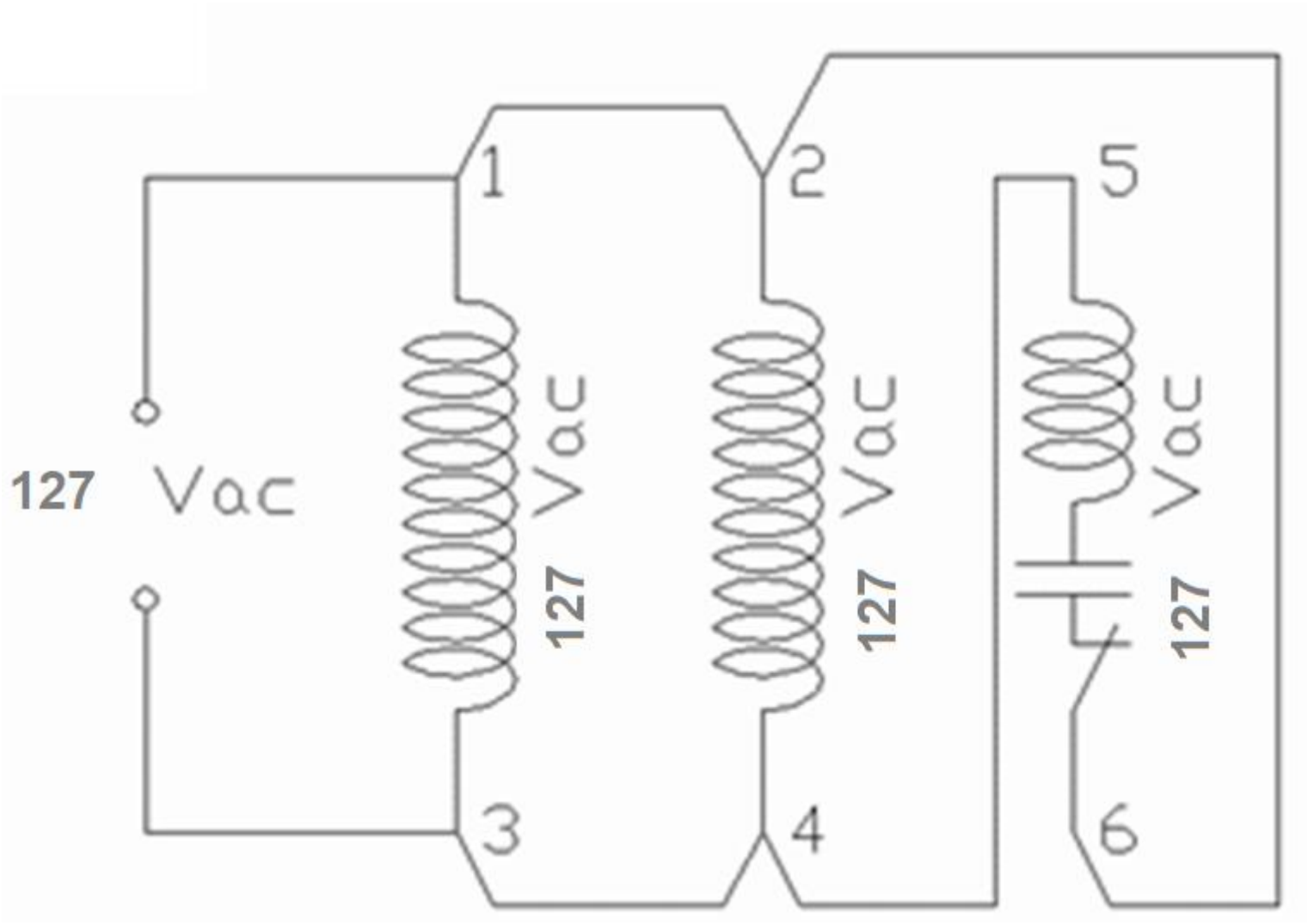

Anel v'ring
Carcaça
Chaveta
Tampa dianteira
Anel v'ring
Rotor
Anel de fixação
Rolamento
Tampa defletora
Ventilador
Dreno
Rolamento
Estator bobinado
Caixa de ligação
Tampa da Caixa de ligação

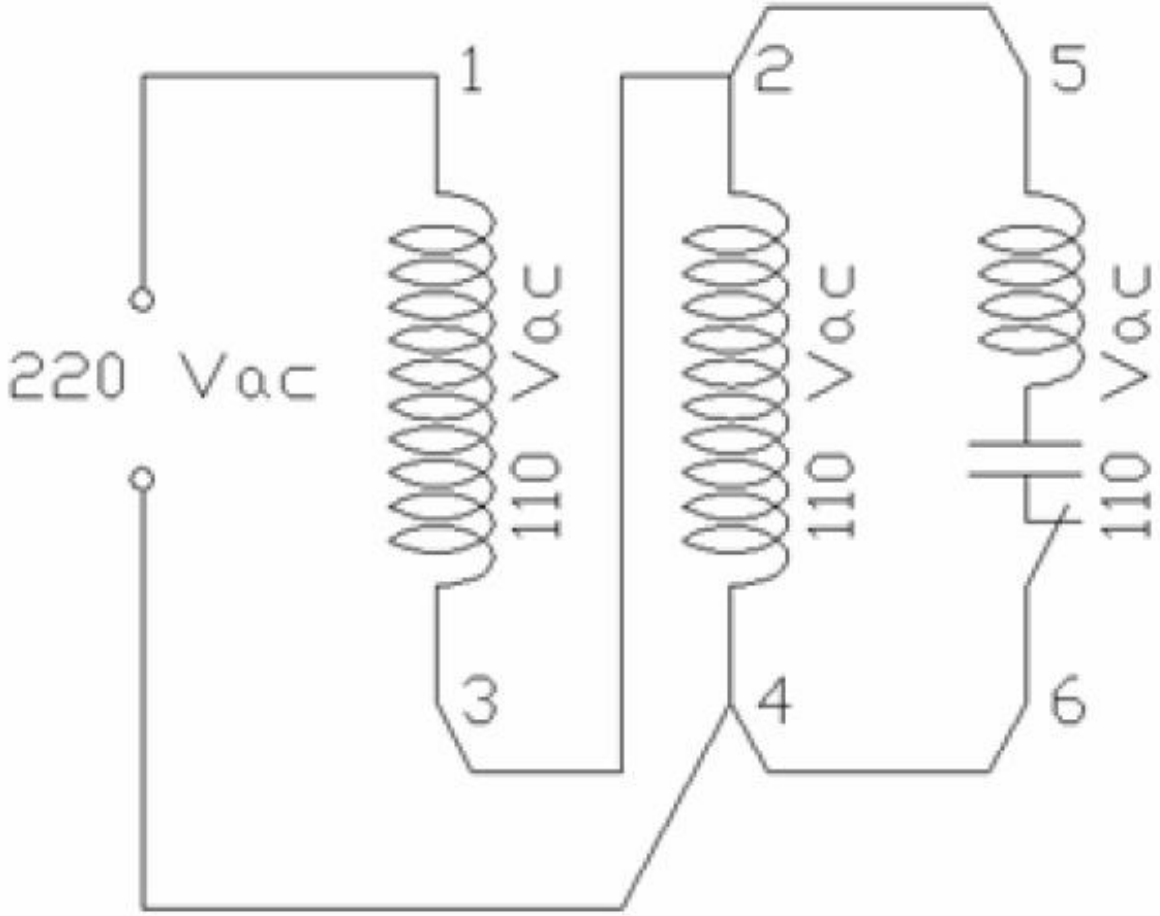
MOTORES DE INDUÇÃO MONOFÁSICOS

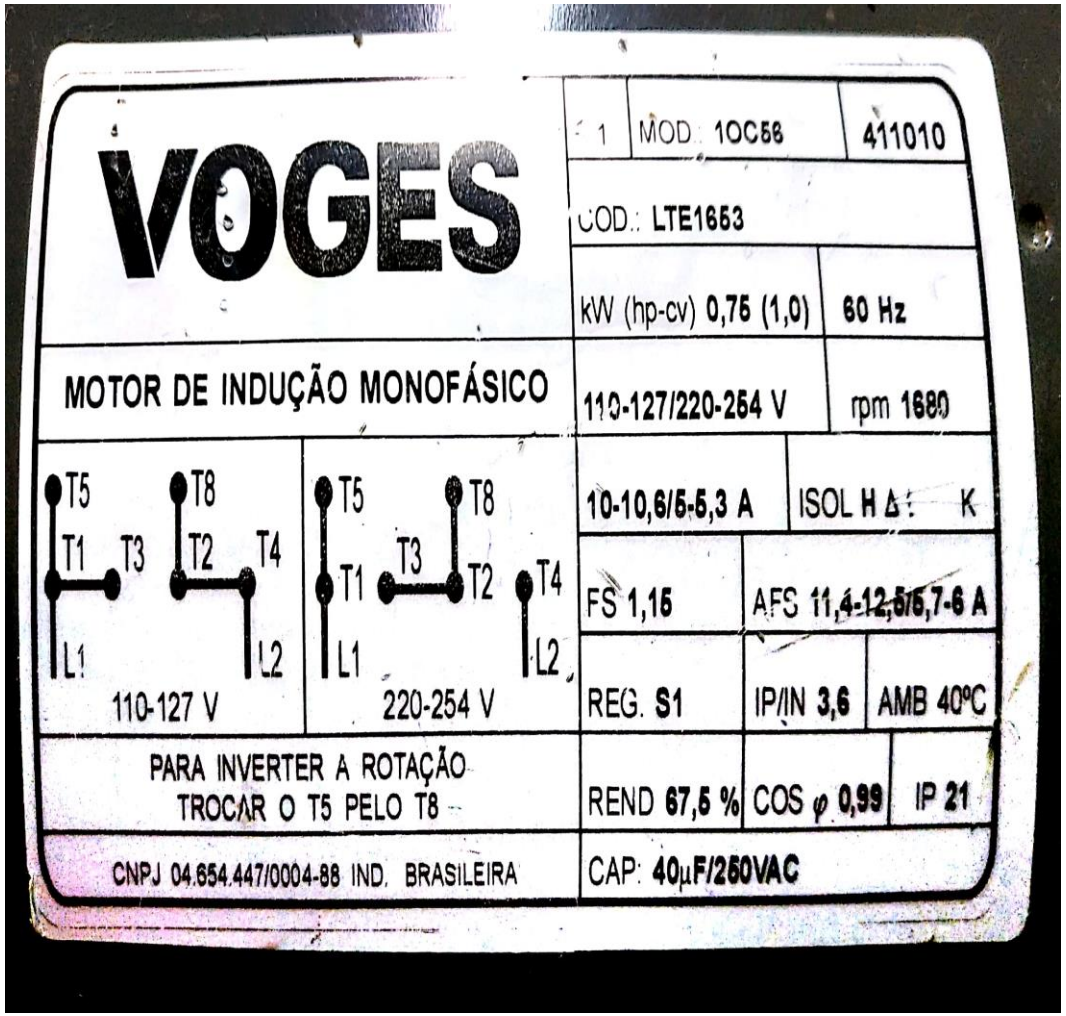
www.weg.net

Motor Monofásico
Nema IP 21

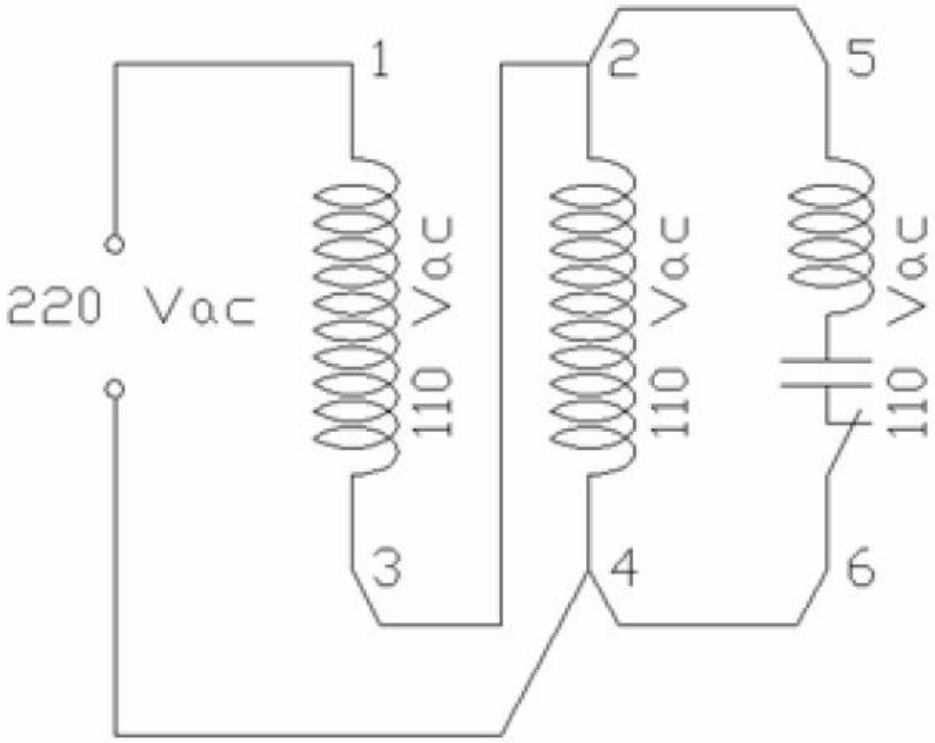

1
2
5
Vac
127
Vac
127
Vac
127
Vac
127
3
4
6


1
2
5
127 Vac
Vac
127
Vac
127
Vac
127
3
4
6


220 Vac
1
3
110 Vac
2
4
110 Vac
5
6
110 Vac


VOGES
1
MOD.: 10C56
411010
COD.: LTE1653
kW (hp-cv) 0,75 (1,0)
60 Hz
MOTOR DE INDUÇÃO MONOFÁSICO
110-127/220-254 V
rpm 1680
T5 T8 T1 T3 T2 T4 L1 L2
110-127 V
T5 T8 T1 T3 T2 T4 L1 L2
220-254 V
10-10,6/5-5,3 A
ISOL H Δt K
FS 1,15
AFS 11,4-12,5/5,7-6 A
REG. S1
IP/IN 3,6
AMB 40ºC
PARA INVERTER A ROTAÇÃO
TROCAR O T5 PELO T8
REND 67,5 %
COS φ 0,99
IP 21
CNPJ 04.654.447/0004-88 IND. BRASILEIRA
CAP: 40μF/250VAC

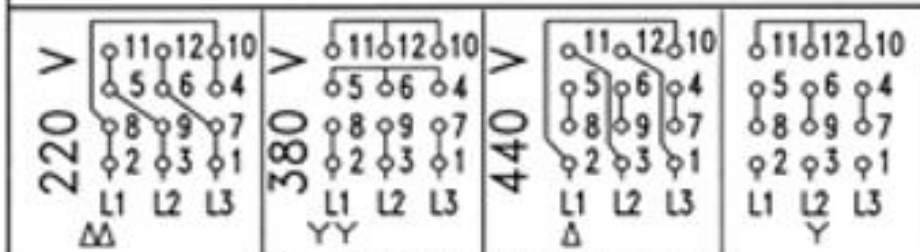
VOGES



1 Cavalo -> 735,5 W

MOTOR S.A. **ALTO RENDIMENTO** CE NBR7094

~ 3 132S		25MAR04 BM20035	
MOTOR INDUCAO - GAIOLA INDUCTION MOTOR-SQUIRREL CAGE	Hz 60	CAT N	
kW(HP-cv) 7.5(10)		RPM min⁻¹ 1760	
FS SF 1.15	ISOL INSL B Δt K	Ip/In 7.8	IP55
220/380/440 V		26.4/15.3/13.2 A	
REG DUTY S1		MAX AMB 40°C	ALT 1000 m
REND.%= 91.0	COSφ= 0.82	SFA	



Y - ONLY START / SOMENTE PARTIDA

→ 6308-ZZ
→ 6207-ZZ

MOBIL POLYREX EM

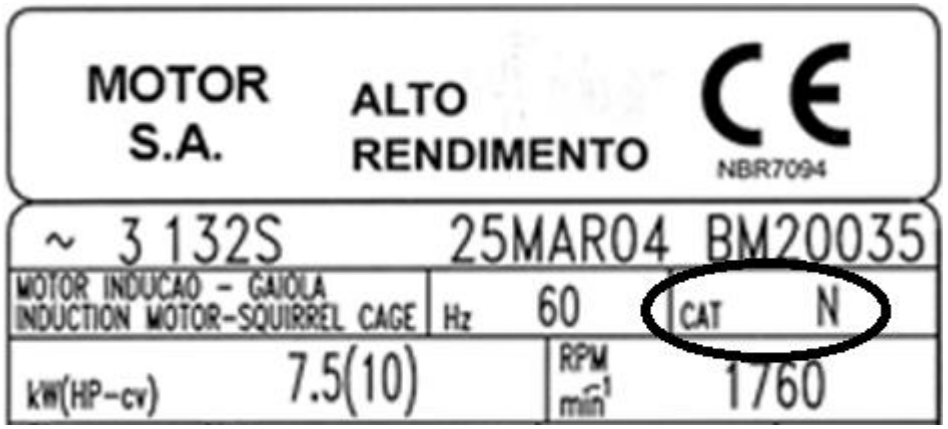
64 Kg

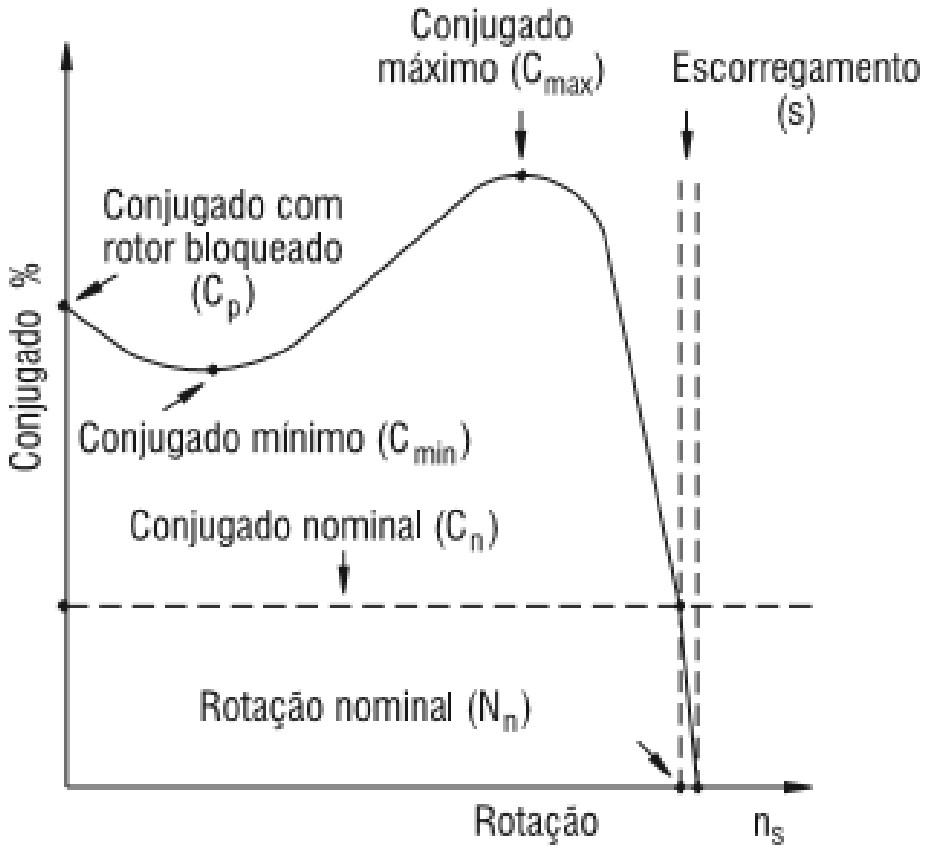
PROCEL NBR7094

REGULAMENTO - RESP/004-MOT
RENDIMENTO E FATOR DE POTÊNCIA
APROVADOS PELO INMETRO

INMETRO

- **Características de aceleração**
- **Conjugado**
  - O conjugado (também chamado torque ou momento) é a medida do esforço necessário para girar um eixo.





- *Curva conjugado x rotação*

O conjugado (também chamado torque ou momento) é a medida do esforço necessário para girar um eixo.
Pela experiência prática observa-se que para levantar um peso por um processo semelhante ao usado em poços (figura 1.1) a força F que é preciso aplicar à manivela depende do comprimento E da mesma. Quanto maior for a manivela, menor será a força necessária. Se dobrarmos o tamanho E da manivela, a força F necessária será diminuída à metade.

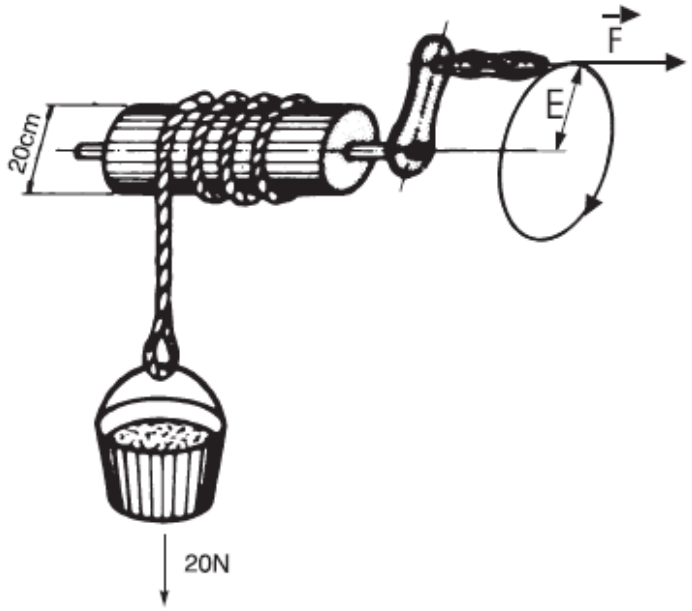
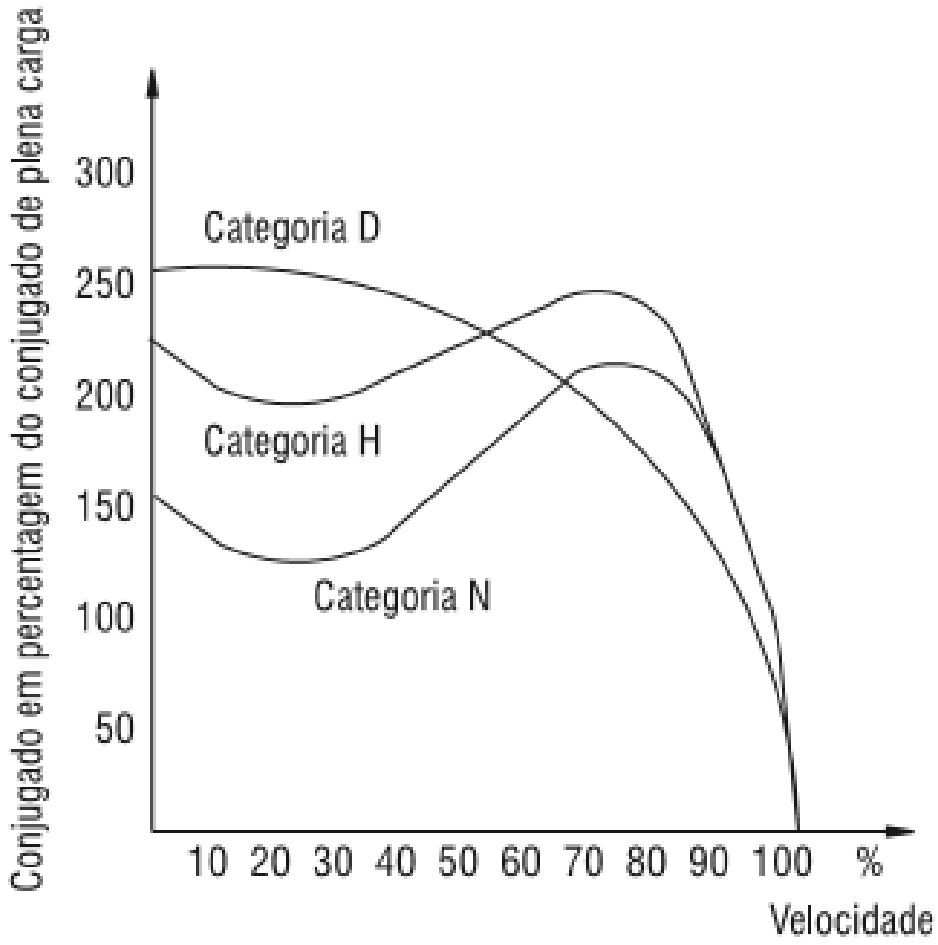


Figura 1.1



- Curvas Conjugado X Velocidade, das diferentes categorias

Categorias - Valores Mínimos Normalizados de Conjugado

Categoria N **Conjugado de partida normal**, corrente de partida normal; baixo escorregamento. Constituem a maioria dos motores encontrados no mercado e **prestam-se** ao acionamento de **cargas normais**, como *bombas, máquinas operatrizes, ventiladores*.

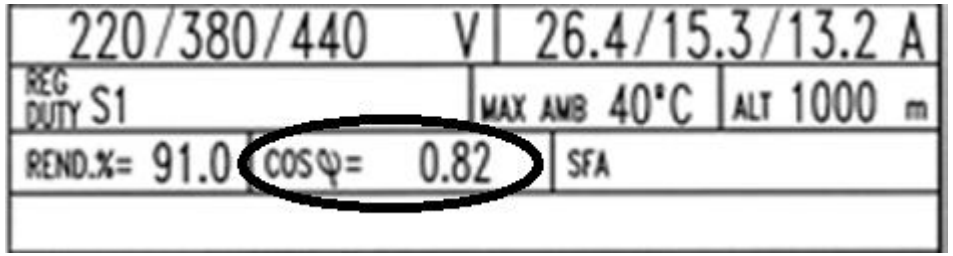
Categoria H **Conjugado de partida alto**, corrente de partida normal; baixo escorregamento. **Usados** para cargas que exigem maior conjugado na partida, como *peneiras, transportadores carregadores, cargas de alta inércia, britadores*, etc.

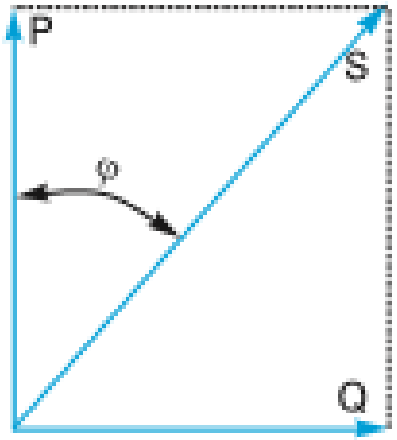
Categoria D **Conjugado de partida alto**, corrente de partida normal; alto escorregamento (+ de 5%). Usados em prensas excêntricas e máquinas semelhantes, onde a carga apresenta picos periódicos. **Usados** também em elevadores e cargas que necessitam de conjugados de partida muito altos e corrente de partida limitada.

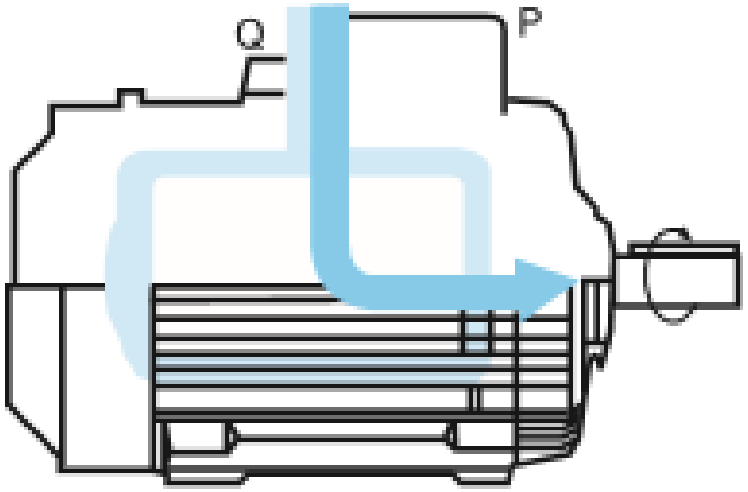
Categoria NY Esta categoria inclui os motores **semelhantes aos de categoria N**, porém, previstos para **partida estrela-triângulo**. Para estes motores na ligação estrela, os valores mínimos do conjugado com rotor bloqueado e do conjugado mínimo de partida são iguais a 25% dos valores indicados para os motores categoria N.

Categoria HY Esta categoria inclui os motores **semelhantes aos de categoria H**, porém, previstos para **partida estrela-triângulo**. Para estes motores na ligação estrela, os valores mínimos do conjugado com rotor bloqueado e do conjugado mínimo de partida são iguais a 25% dos valores indicados para os motores de categoria H.

- Fator de Potência
  - O fator de potência, **indicado por cos φ**, onde φ é o ângulo de defasagem da tensão em relação à corrente, é a relação entre a potência ativa (P) e a potência aparente (S).
  - Assim,
    - Carga Resistiva: cos φ = 1
    - Carga Indutiva: cos φ atrasado
    - Carga Capacitiva: cos φ adiantado
  - Um motor não consome apenas potência ativa que é depois convertida em trabalho mecânico e calor (perdas), mas também potência reativa, necessária para magnetização, mas que não produz trabalho.







- O fator de potência é determinado medindo-se a potência de entrada, a tensão e a corrente de carga nominal

Visando otimizar o aproveitamento do sistema elétrico brasileiro, reduzindo o trânsito de energia reativa nas linhas de transmissão, subtransmissão e distribuição, a portaria do DNAEE número 85, de 25 de março de 1992, determina que o fator de potência de referência das cargas passe de 0,85 para 0,92. A mudança do fator de potência, dá maior disponibilidade de potência ativa no sistema, já que a energia reativa limita a capacidade de transporte de energia útil (ativa).

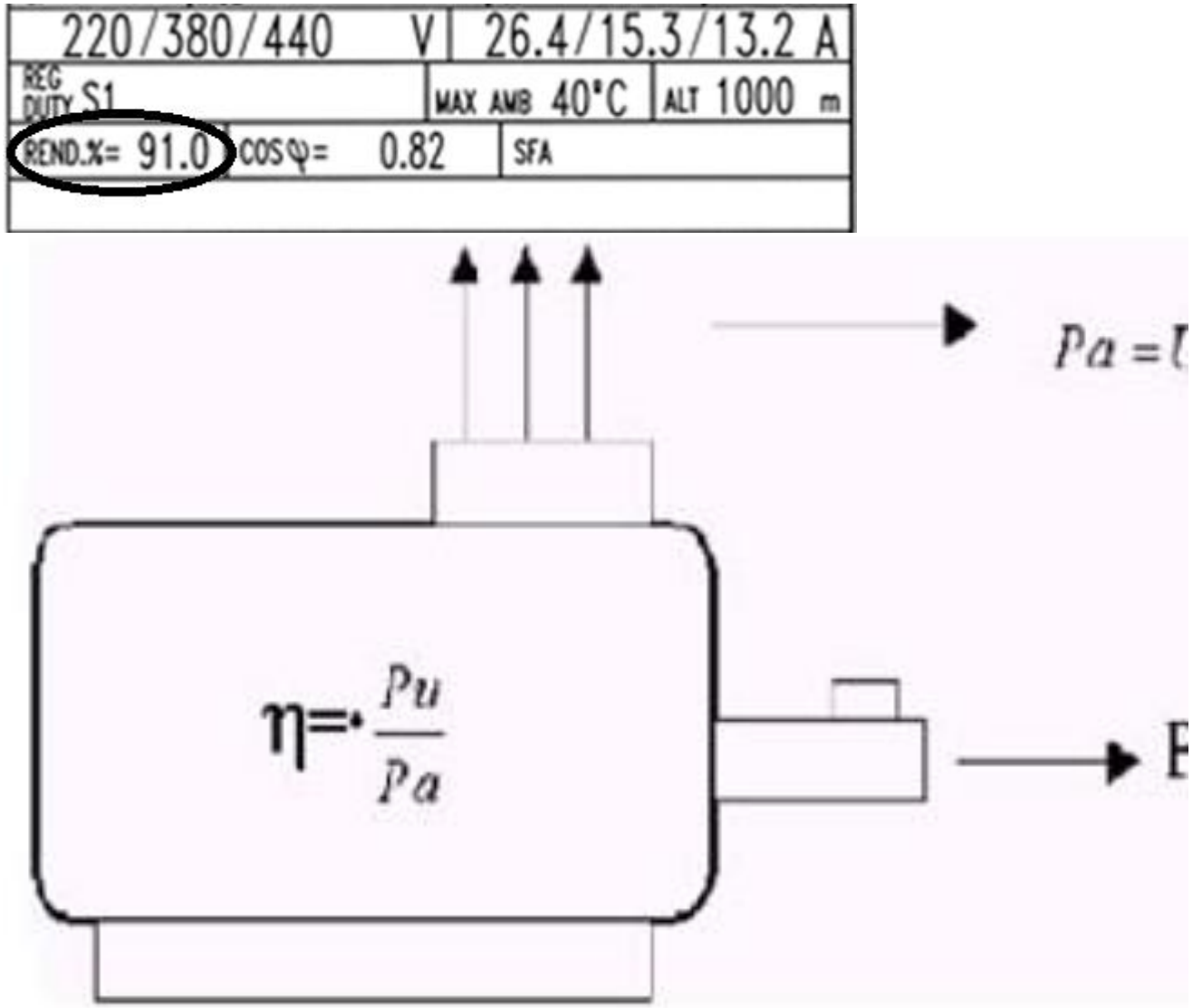
- Efeitos causados por fator de potência abaixo de 0,92
  - Acréscimo cobrado nas contas de energia elétrica;
  - Aumento das perdas elétricas da instalação;
  - Quedas ou variações de tensão nas instalações (oscilações);
  - Redução do aproveitamento da capacidade do transformador;
  - Condutores aquecidos;
  - Diminuição da vida útil dos equipamentos.

- Principais causas
  - Transformadores operando a vazio ou subcarregados durante longos períodos de tempo;
  - Motores operando abaixo a sua capacidade nominal (superdimensionado);
  - Utilização de um grande numeros de motores de pequena potência;
  - Instalação de lâmpadas de descarga;
  - Capacitores ligados permanentemente nas instalações horossazonais no período da madrugada.

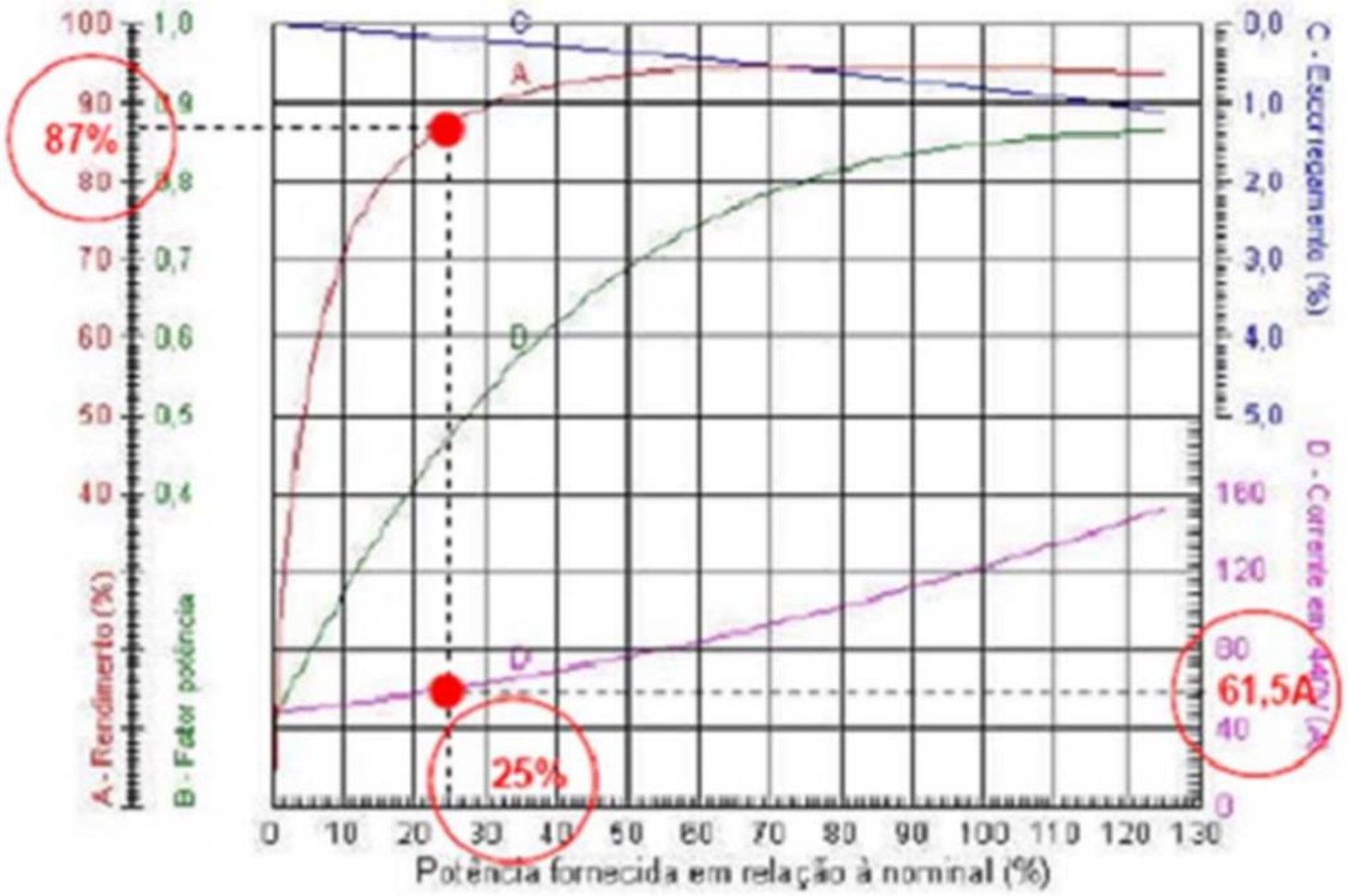
- Correção do fator de potência
  - O aumento do fator de potência é realizado com a ligação de uma carga capacitiva, em geral, um capacitor ou motor síncrono super excitado, em paralelo com a carga.

Por exemplo: Um motor elétrico, trifásico de 100 cv (75 kW), IV polos, operando com 100% da potência nominal, com fator de potência original de 0,87 e rendimento de 93,5%. Deseja-se calcular a potência reativa necessária para elevar o fator de potência para 0,95.

- È importante que o motor tenha um rendimento alto, por dois motivos:
  - Primeiro, porque, um rendimento alto significa perdas baixas e, portanto, um menor aquecimento do motor;
  - Segundo, porque, quando maior o rendimento, menor a potência absorvida da linha, e portanto, menor o custo da energia elétrica paga nas contas mensais. O rendimento varia com a carga do motor.



Curva característica de um motor de 100cv 4 pólos



Neste mesmo exemplo, é possível verificar que para o motor operando com metade da corrente nominal, o percentual de carga é de aproximadamente 25% e não 50% como poderia se esperar.

Analisando novamente a curva do motor de 100cv 4 polos (figura 03) pode-se observar que quanto menor a carga, menores o rendimento e o fator de potência do motor. O rendimento também decresce quando o motor opera acima da sua carga nominal. Quanto menor rendimento, maiores são as perdas e, consequentemente, a potência elétrica absorvida da rede (consumo de energia).

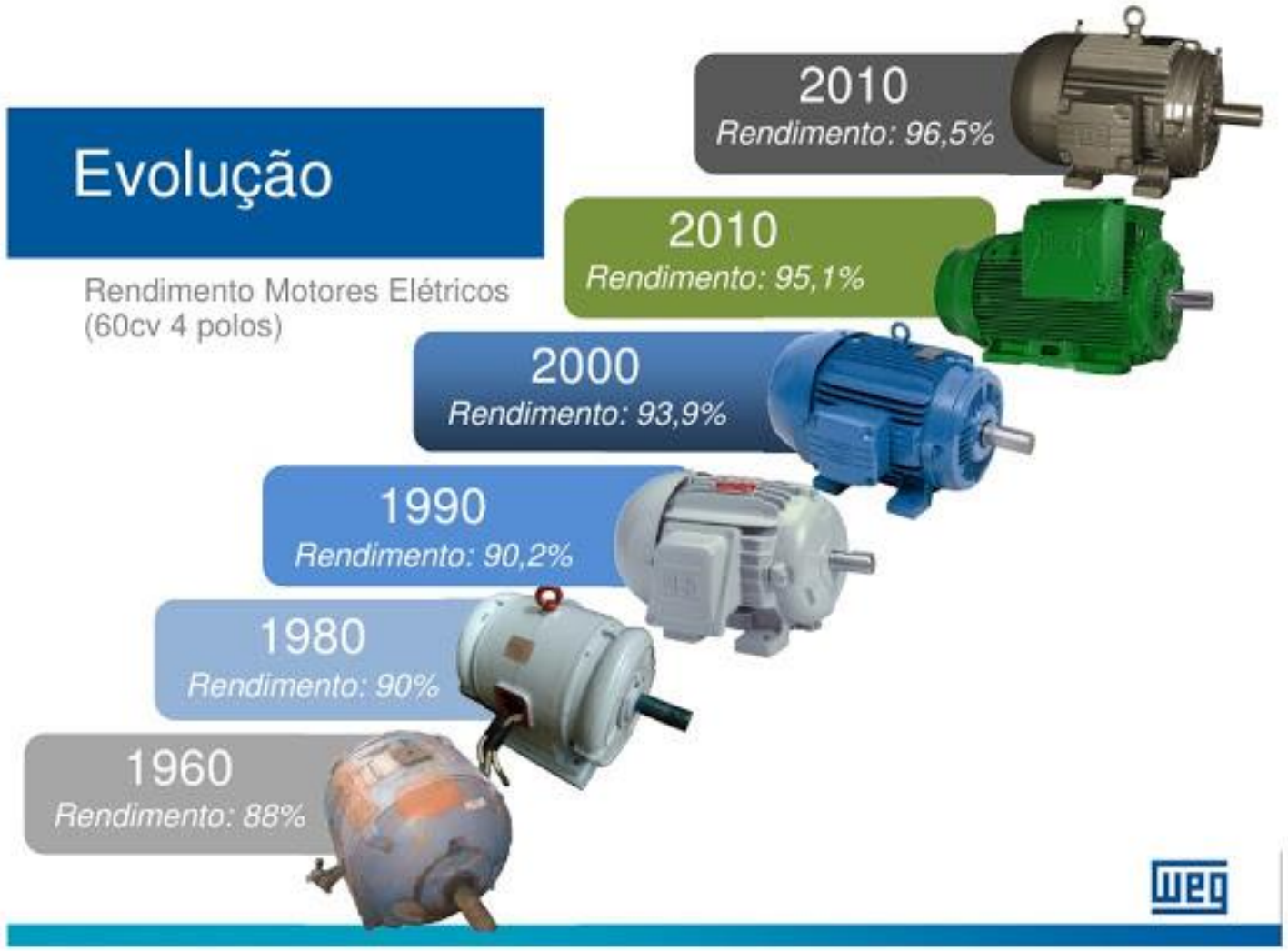
Melhor rendimento entre 75% a 100% da carga.

Rendimentos perdas baixas portanto maior vida útil e quanto maior rendimento menor potência absorvida da rede menor custo energético.

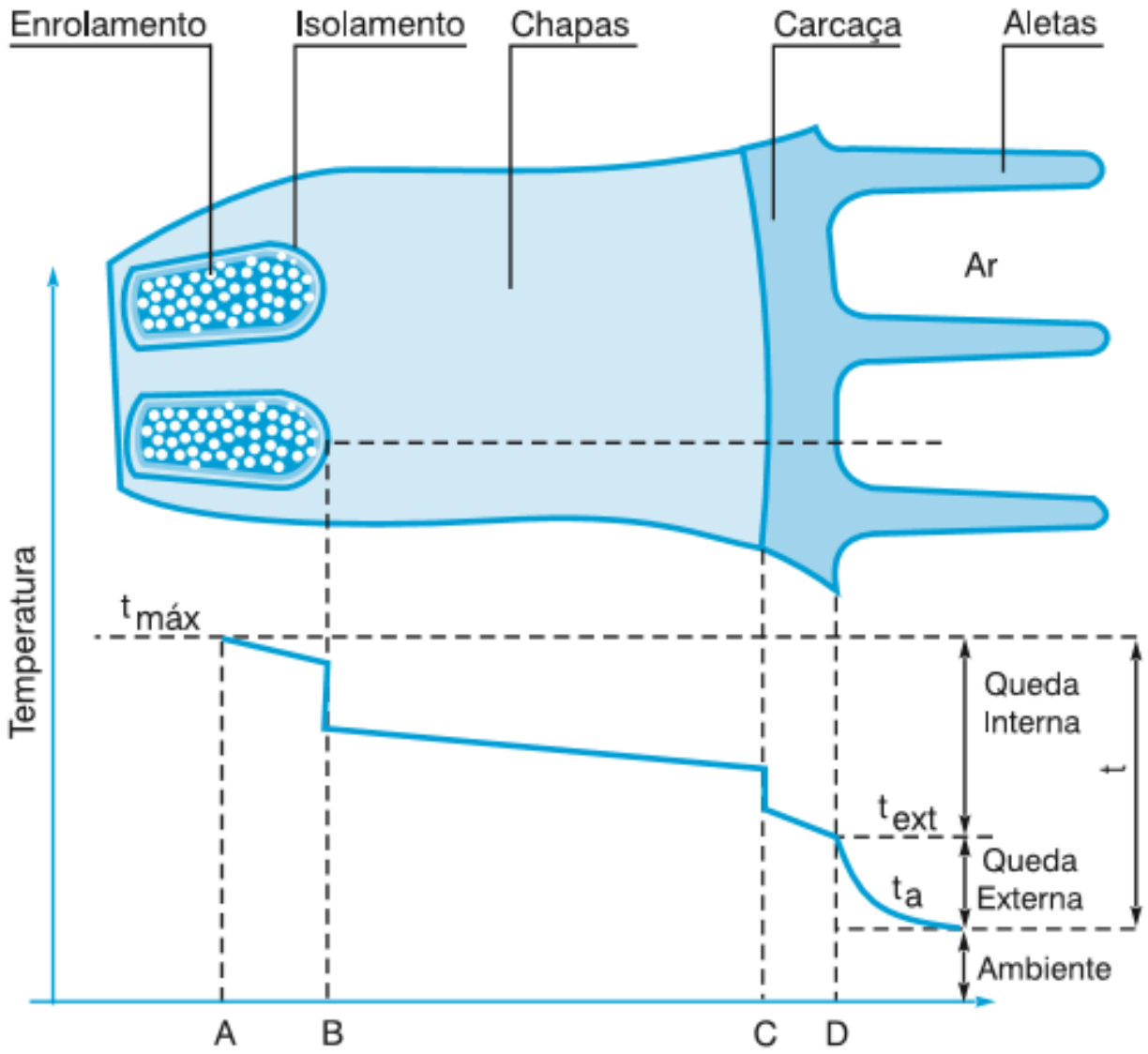
A **eficiência é altamente dependente do escorregamento** da máquina. Para manter alta eficiência, o motor de indução deve operar próximo a velocidade síncrona.

Um desequilibrio de 5% entre as fases produz um aumento de temperatura de 30° no motor.

No dia 12 de dezembro de 2009, a **Portaria 553** passou a ser aplicada, implicando na **obrigatoriedade** de atendimento **dos novos níveis de rendimentos** estabelecidos **para motores elétricos trifásicos de 1 a 250 cv (carcaça 315).**



- **Características em Regime**
- **Aquecimento do Enrolamento**
  - A diferença entre as duas potências, potência útil fornecida pelo motor na ponta do eixo é menor que a potência que o motor absorve da linha de alimentação isto representa as perdas, que são transformadas em calor, o qual aquece o enrolamento e deve ser dissipado para fora do motor, para evitar que a elevação de temperatura seja excessiva


Enrolamento
Isolamento
Chapas
Carcaça
Aletas
Ar
Temperatura
$t_{máx}$
Queda Interna
t
t_{ext}
Queda Externa
t_a
Ambiente
A
B
C
D

- **Vida Útil do Motor**
  - Um aumento de 8 a 10 graus acima do limite da classe térmica na temperatura do sistema de isolamento, pode reduzir a vida útil do enrolamento pela metade.
- **Classes de Isolamento**
  - o limite de temperatura depende do tipo de material empregado são agrupados em CLASSES DE ISOLAMENTO, cada qual definida pelo respectivo limite de temperatura
  - As classes de isolamento utilizadas em máquinas elétricas e os respectivos limites de temperatura conforme ABNT NBR 17094 e IEC 60034-1, são as seguintes:

Classe A (105 ºC)
Classe E (120 ºC)
Classe B (130 ºC)
Classe F (155 ºC)
Classe H (180 ºC)

- **Medida de Elevação de Temperatura do Enrolamento**
  - É muito difícil medir a temperatura do enrolamento com termômetros ou termopares, pois a temperatura varia de um ponto a outro e nunca se sabe se o ponto da medição está próximo do ponto mais quente.
  - O método mais confiável de se medir a temperatura de um enrolamento é através da variação de sua resistência ôhmica com a temperatura.

$$\Delta t = t_2 - t_a = \frac{R_2 - R_1}{R_1}(235 + t_1) + t_1 - t_a$$

onde:

Δt = *é a elevação de temperatura;*

t_1 = *a temperatura do enrolamento antes do ensaio, praticamente igual a do meio refrigerante, medida por termômetro;*

t_2 = *a temperatura dos enrolamentos no fim do ensaio;*

t_a = *a temperatura do meio refrigerante no fim do ensaio;*

R_1 = *Resistência do enrolamento antes do ensaio;*

R_2 = *Resistência do enrolamento no fim do ensaio.*

- **Aplicação a Motores Elétricos**
  - A temperatura do ponto mais quente do enrolamento deve ser mantida abaixo do limite da classe.
  - A temperatura total vale a soma da temperatura ambiente com a elevação de temperatura Δt mais a diferença que existe entre a temperatura média do enrolamento e a do ponto mais quente.
  - As normas de motores fixam a máxima elevação de temperatura Δt
    - A temperatura ambiente é, no máximo 40°C, além disso é especial;
    - A diferença entre a temperatura média e a do ponto mais quente não varia muito de motor para motor e seu valor estabelecido em norma, baseado na prática é 5 oC, para as classes A e E, 10°C para as classes B e F e 15 °C para a classe H.

Classe de isolamento		A	E	B	F	H
Temperatura ambiente	°C	40	40	40	40	40
Δt = elevação de temperatura (método da resistência)	°C	60	75	80	105	125
Diferença entre o ponto mais quente e a temperatura média	°C	5	5	10	10	15
Total: temperatura do ponto mais quente	°C	105	120	130	155	180

- Proteção Térmica de Motores Elétricos
  - Os motores utilizados em regime contínuo devem ser protegidos contra sobrecargas por um dispositivo integrante do motor, ou um dispositivo de proteção independente

Fator de Serviço do Motor (FS)	Ajuste da Corrente do relé
1,0 até 1,15	I_n.FS
≥ 1,15	(I_n. FS) - 5%

Corrente de alimentação x Fator de serviço

Chama-se fator de serviço (FS) o fator que, aplicado à potência nominal, indica a carga permissível que pode ser aplicada continuamente ao motor, sob condições especificadas. Note que se trata de uma capacidade de sobrecarga contínua, ou seja, uma reserva de potência que dá ao motor uma capacidade de suportar melhor o funcionamento em condições desfavoráveis. O fator de serviço não deve ser confundido com a capacidade de sobrecarga momentânea, durante alguns minutos. O fator de serviço FS = 1,0 significa que o motor não foi projetado para funcionar continuamente acima de sua potência nominal. Isto, entretanto, não muda a sua capacidade para sobrecargas momentâneas. A IEC 60034-1 especifica os fatores de serviço usuais por potência.

- A proteção térmica é efetuada por meio de:

  - **termoresistências (resistência calibrada),**
  - **termistores,**
  - **termostatos ou**
  - **protetores térmicos**.

- Os tipos de sensores a serem utilizados são determinados em função da classe de temperatura do isolamento empregado, de cada tipo de máquina e da exigência do cliente.

Termorresistores (Pt-100)

São baseado na **propriedade que alguns materiais que variam a resistência elétrica com a variação da temperatura** (geralmente platina, níquel ou cobre).

Possuem resistência calibrada que **varia linearmente com a temperatura**, possibilitando um acompanhamento contínuo do processo de aquecimento do motor pelo display do controlador, com alto grau de precisão e sensibilidade de resposta.

Servem para alarme (operação acima da temperatura normal de trabalho) e **desligamento** (geralmente ajustada para a máxima temperatura da classe de isolamento).

Visualização do aspecto interno e externo dos termorresistores

Desvantagem

Os elementos sensores e os circuitos de controle possuem um alto custo.

Termistores (PTC e NTC)

São de **materiais semicondutores**, cuja **resistência varia acentuadamente com a temperatura**.

PTC - coeficiente de temperatura **positivo**

- Alguns são caracterizados por esta subida ser abrupta, o que os torna úteis em dispositivos de proteção de sobreaquecimento

NTC - coeficiente de temperatura **negativo**

- Normalmente não sendo utilizados em motores elétricos.

Podem ser usados para **alarme e desligamento**. Nesse caso, são necessários dois termistores, conectados em série, por fase.

Oferecem **proteção** completa contra **sobreaquecimento** produzido por falta de fase, **sobrecarga**, sub ou **sobretensões** e operações frequentes de reversão ou liga-desliga.

Visualização do aspecto externo dos termistores

Cores dos cabos		Temperatura C
		110
		120
		140
		160
		180

Possuem baixo custo, quando comparado ao do tipo Pt-100, porém, necessitam de relé para comando da atuação do alarme ou operação.

Protetores Térmicos Bimetálicos - Termostatos

São do tipo **bimetálico** com contatos de prata normalmente fechados, que se abrem ao atingir determinada elevação de temperatura

Os termostatos podem ser **destinados** para sistemas de **alarme**, **desligamento** ou **ambos** (alarme e desligamento) de motores elétricos trifásicos.

São **instalados nas cabeças de bobinas** de fases diferentes e ligados em série com a bobina do contator onde, dependendo do grau de segurança e da especificação do cliente, podem ser utilizados três termostatos (um por fase) ou seis termostatos (grupos de dois por fase).

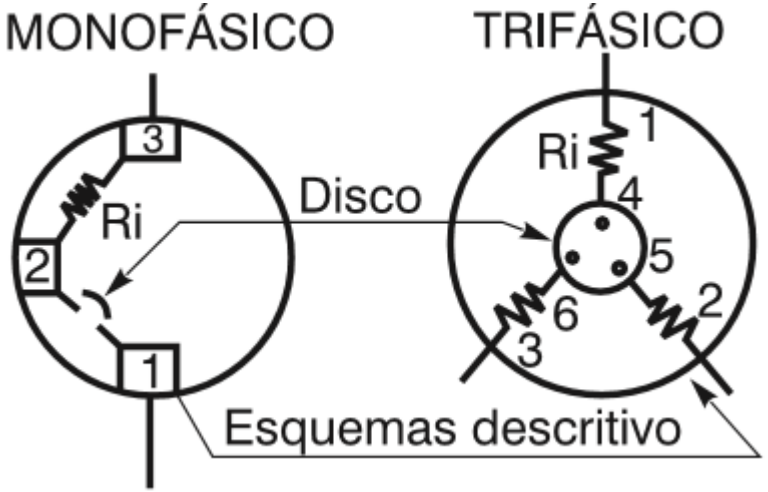
Instalação do protetor térmico bimetálico

Protetores Térmicos Fenólicos

Consiste basicamente em um **disco bimetálico** que possui dois contatos móveis, uma resistência e um par de contatos fixos.

São dispositivos do tipo bimetálico com contatos normalmente fechados utilizados principalmente em motores de indução monofásicos para proteção contra sobreaquecimento provocado por sobrecargas, travamento do rotor, quedas de tensão, etc. Sua aplicação em motores trifásicos, porém, apenas em motores com ligação Y.

É ligado em série com a alimentação



Visualização do aspecto interno do protetor térmico

Vantagens

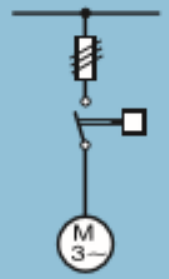
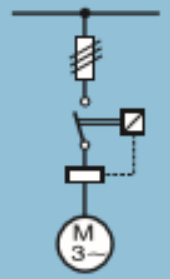
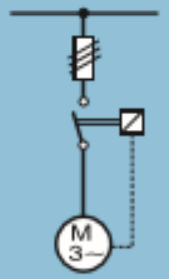
- Combinação de protetor sensível à corrente e à temperatura;
- Possibilidade de religamento automático.

Desvantagens

- Limitação da corrente, por estar o protetor ligado diretamente à bobina do motor monofásico;
- Aplicação voltada para motores trifásicos somente no centro da ligação Y.

	Termorresistor (Pt-100)	Termistor (PTC e NTC)	Protetor térmico bimetálico	Protetor térmico fenólico
Mecanismo de proteção	Resistência calibrada	Resistor de avalanche	▪ Contatos móveis ▪ Bimetálicos	Contatos móveis
Disposição	Cabeça de bobina	Cabeça de bobina	▪ Inserido no circuito ▪ Cabeça de bobina	Inserido no circuito
Forma de atuação	Comando externo de atuação na proteção	Comando externo de atuação na proteção	▪ Atuação direta ▪ Comando externo de atuação da proteção	Atuação direta
Limitação de corrente	Corrente de comando	Corrente de comando	▪ Corrente do motor ▪ Corrente do comando	Corrente do motor
Tipo de sensibilidade	Temperatura	Temperatura	Corrente e temperatura	Corrente e temperatura
Número de unidades por motor	3 ou 6	3 ou 6	3 ou 6 1 ou 3	1
Tipos de comando	Alarme e/ou desligamento	Alarme e/ou desligamento	▪ Desligamento ▪ Alarme e/ou desligamento	Desligamento

Comparação entre sistemas de proteção de motores

Causas de sobreaquecimento	Proteção em função da corrente		Proteção com sondas térmicas, e relé térmico
	Só fusível ou disjuntor	Fusível e relé térmico	
			
Sobrecarga com corrente 1.2 vezes a corrente nominal	○	●	●
Regimes de carga S1 a S10	○	◑	●
Frenagens, reversões e funcionamento com partida frequentes	○	◑	●
Funcionamento com mais de 15 partidas por hora	○	◑	●
Rotor bloqueado	◑	◑	●
Falta de fase	○	◑	●
Variação de tensão excessiva	○	●	●
Variação de frequência na rede	○	●	●
Temperatura ambiente excessiva	○	○	●
Aquecimento externo provocado por rolamentos, correias, polias, etc	○	○	●
Obstrução da ventilação	○	○	●

Legenda: *não protegido* ○
semi-protegido ◑
totalmente protegido ●

Regime de Serviço

Segundo a IEC 60034-1, é o grau de regularidade da carga a que o motor é submetido.

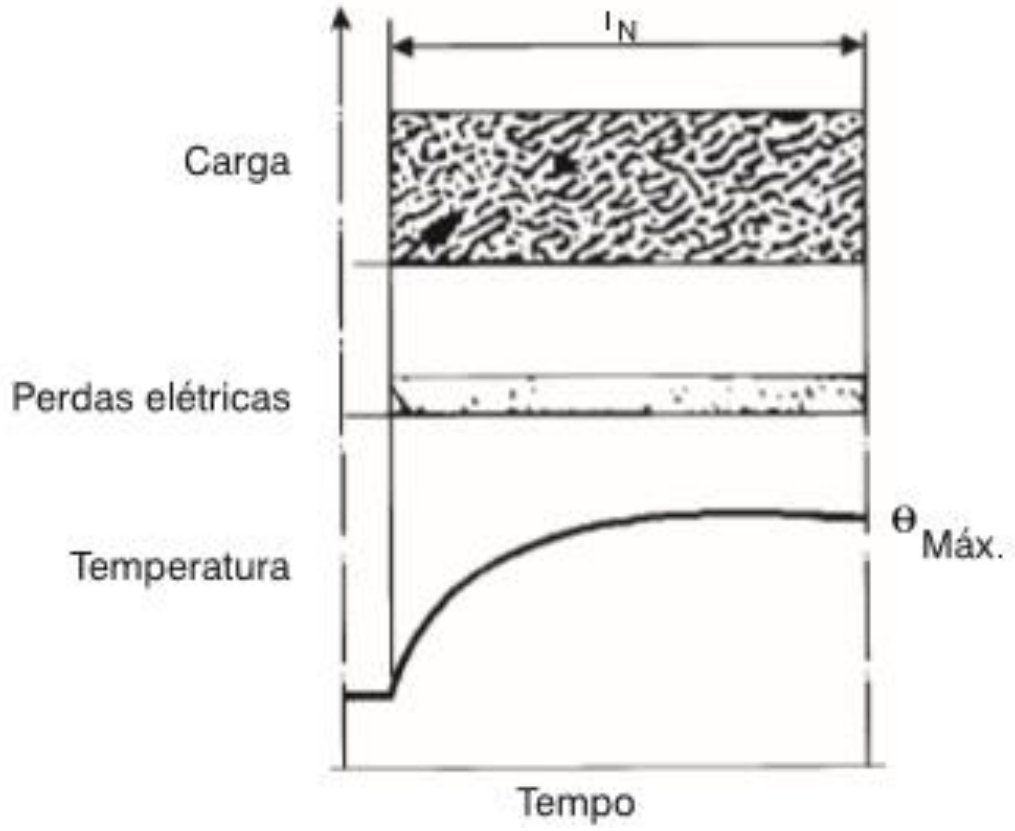
Os motores normais são projetados para regime contínuo, (a carga é constante), por tempo indefinido, e igual a potência nominal do motor.

A indicação do regime do motor deve ser feita pelo comprador da forma mais exata possível.

Nos casos em que a carga não variar ou nos quais variar de forma previsível, o regime poderá ser indicado numericamente ou por meio de gráficos que representam a variação em função do tempo das grandezas variáveis.

Regimes Padronizados

Conforme a NBR 17094-1, os regimes de tipo e os símbolos alfa-numéricos a eles atribuídos, são indicados a seguir:



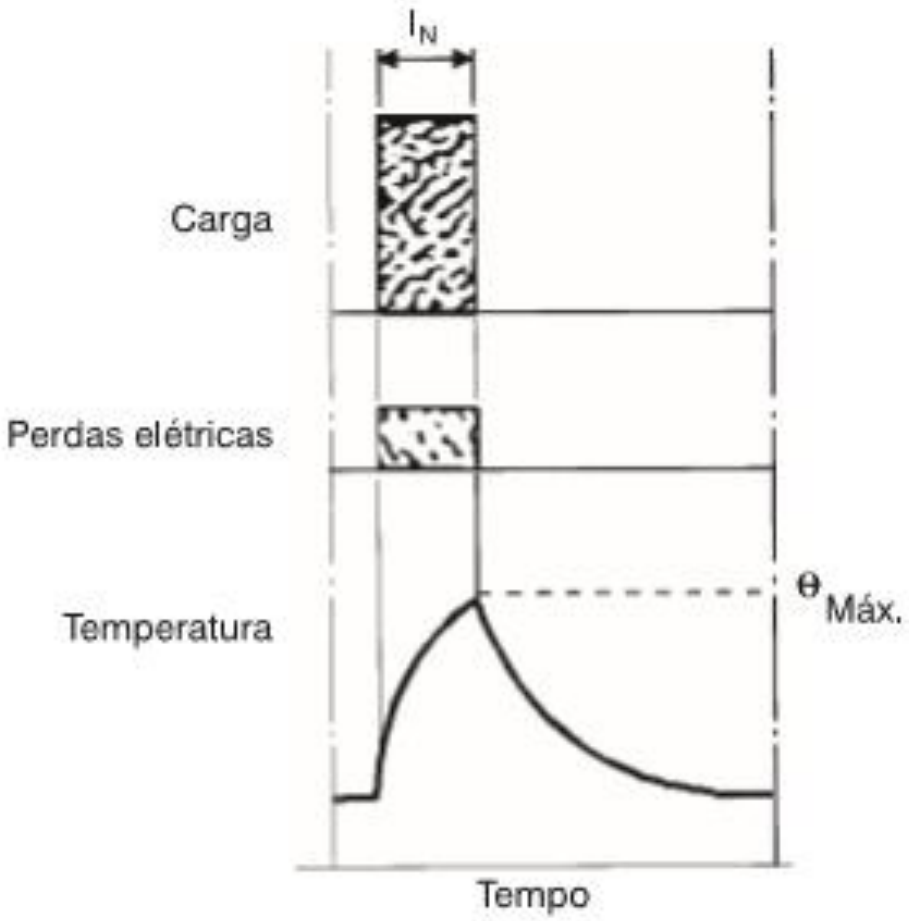
t_N = *funcionamento em carga constante*
$\theta_{máx}$ = *temperatura máxima atingida*

Regime contínuo (S1)

Funcionamento à carga constante de duração suficiente para que se alcance o equilíbrio térmico.

Regime de tempo limitado (S2)

Funcionamento à carga constante, durante um certo tempo, inferior ao necessário para atingir o equilíbrio térmico, seguido de um período de repouso de duração suficiente para restabelecer a temperatura do motor dentro de + 2K em relação à temperatura do fluido refrigerante



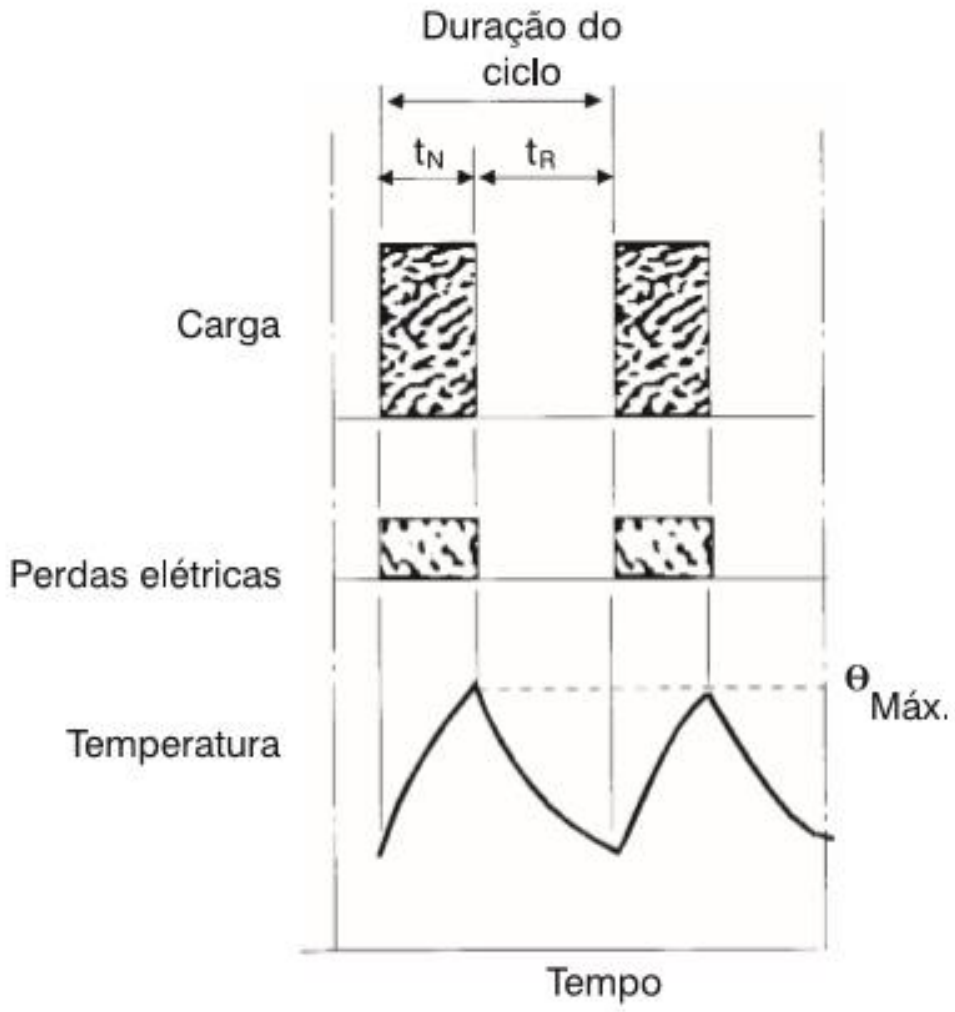
t_N = *funcionamento em carga constante*

$\theta_{máx}$ = *temperatura máxima atingida durante o ciclo*

Regime intermitente periódico (S3)

Sequência de ciclos idênticos, cada qual incluindo um período de funcionamento com carga constante e um período desenergizado e em repouso. Neste regime o ciclo é tal que a corrente de partida não afeta de modo significativo a elevação de temperatura

$$\text{Fator de duração do ciclo} = \frac{t_N}{t_N + t_R} \cdot 100\%$$

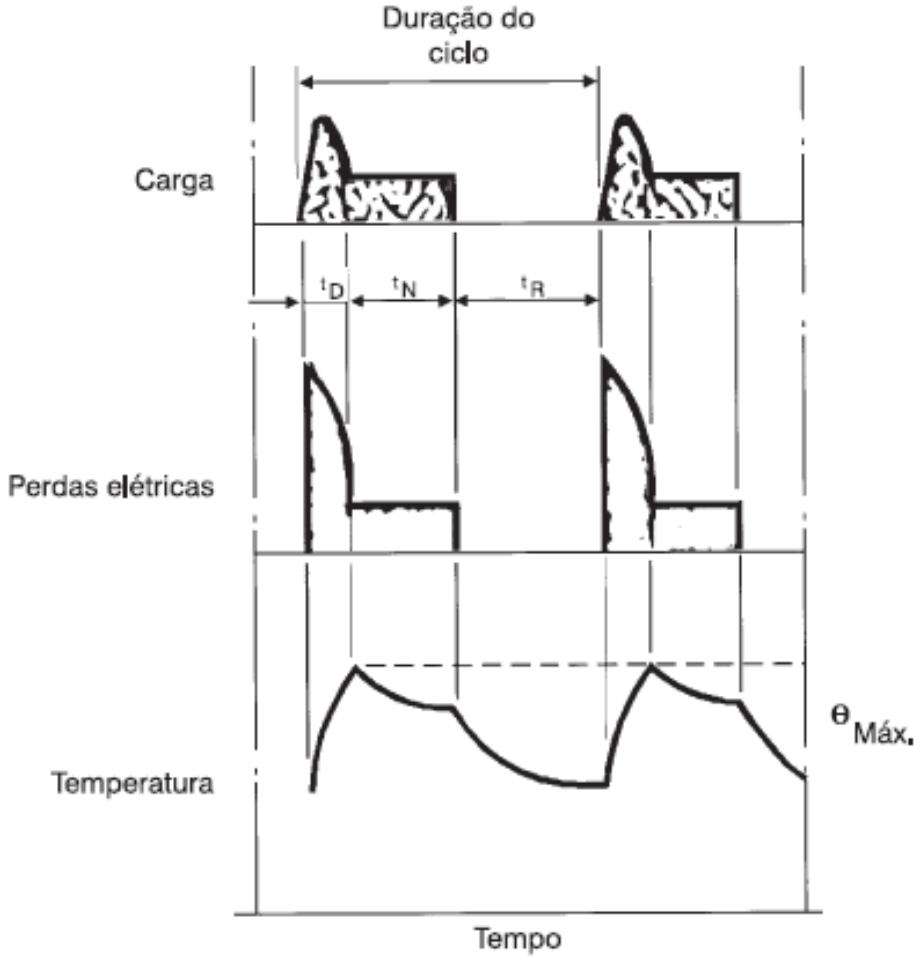


t_N = *funcionamento em carga constante*
t_R = *repouso*
θ_{max} = *temperatura máxima atingida durante o ciclo*

Regime intermitente periódico com partidas (S4)

Sequência de ciclos de regime idênticos, cada qual consistindo de um período de partida, um período de funcionamento a carga constante e um período de repouso, sendo tais períodos muito curtos, para que se atinja o equilíbrio térmico

$$\text{Fator de duração do ciclo} = \frac{t_D + t_N}{t_D + t_N + t_R} \cdot 100\%$$

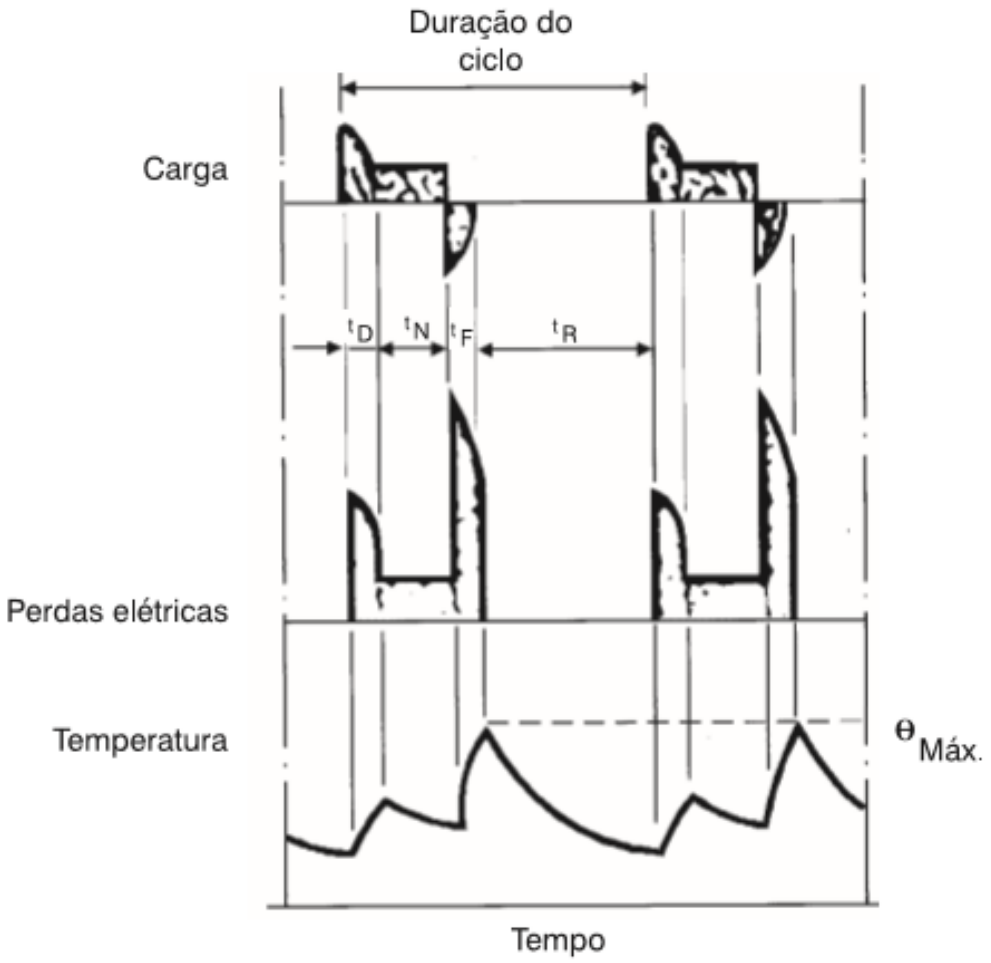


t_D = *partida*
t_N = *funcionamento em carga constante*
t_R = *repouso*
$\theta_{máx}$ = *temperatura máxima atingida durante o ciclo*

Regime intermitente periódico com frenagem elétrica (S5)

Sequência de ciclos de regime idênticos, cada qual consistindo de um período de partida, um período de funcionamento a carga constante, um período de frenagem elétrica e um período desenergizado e em repouso, sendo tais períodos muito curtos para que se atinja o equilíbrio térmico

$$\text{Fator de duração do ciclo} = \frac{t_D + t_N + t_F}{t_D + t_N + t_F + t_R} \cdot 100\%$$

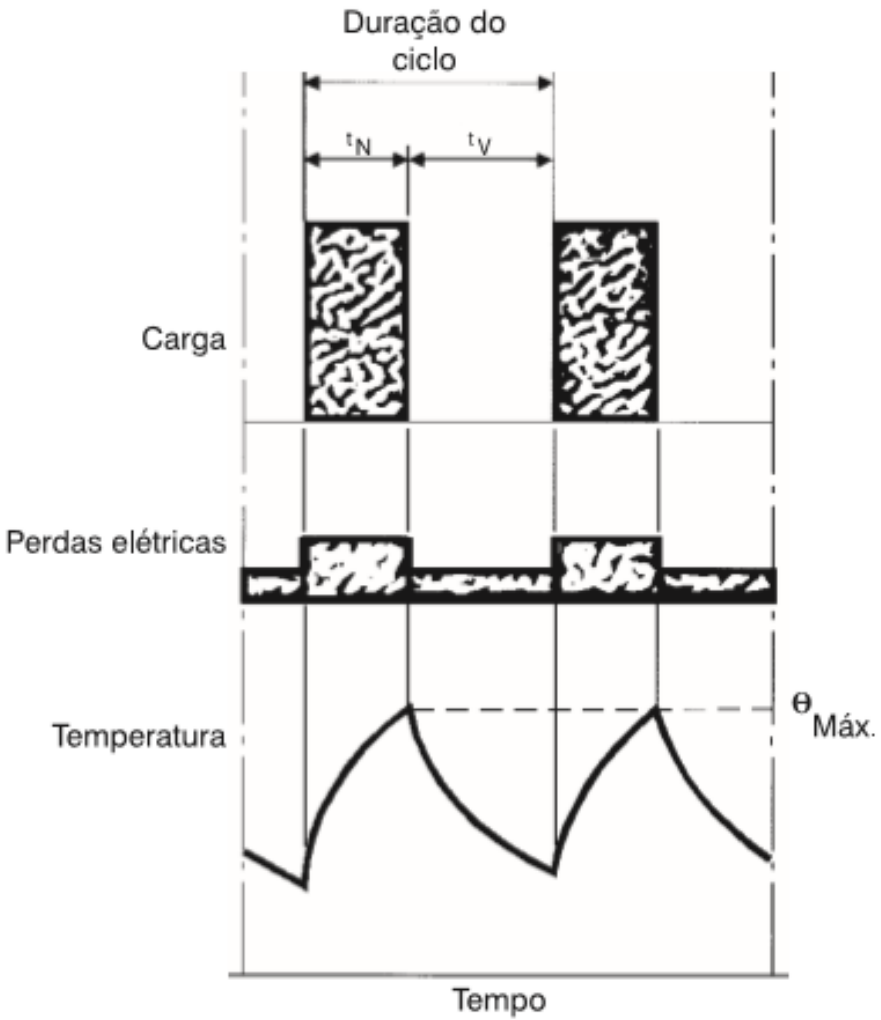


t_D = *partida*
t_N = *funcionamento em carga constante*
t_F = *frenagem elétrica*
t_R = *repouso*
$\theta_{máx}$ = *temperatura máxima atingida durante o ciclo*

Regime de funcionamento contínuo periódico com carga intermitente (S6)

Sequência de ciclos de regime idênticos, cada qual consistindo de um período de funcionamento a carga constante e de um período de funcionamento em vazio, não existindo período de repouso

$$\text{Fator de duração do ciclo} = \frac{t_N}{t_N + t_V} \cdot 100\%$$

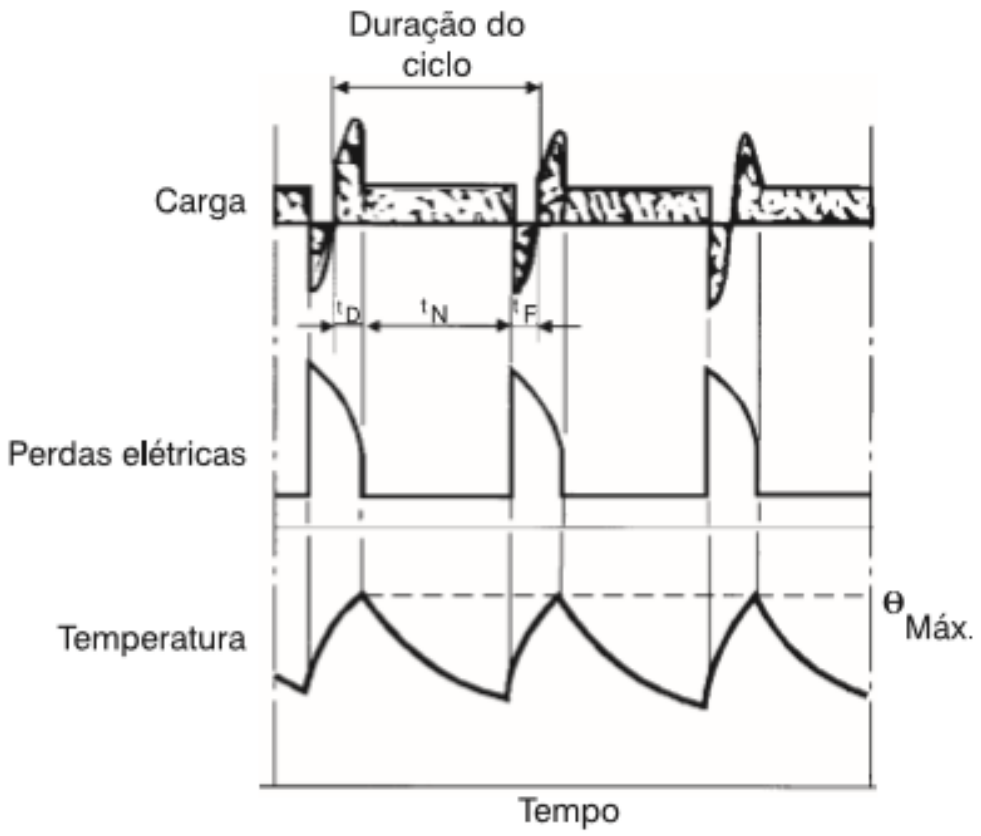


t_N = *funcionamento em carga constante*
t_V = *funcionamento em vazio*
$\theta_{máx}$ = *temperatura máxima atingida durante o ciclo*

Regime de funcionamento contínuo periódico com frenagem elétrica (S7)

Sequência de ciclos de regimes idênticos, cada qual consistindo de um período de partida, de um período de funcionamento a carga constante e um período de frenagem elétrica, não existindo o período de repouso

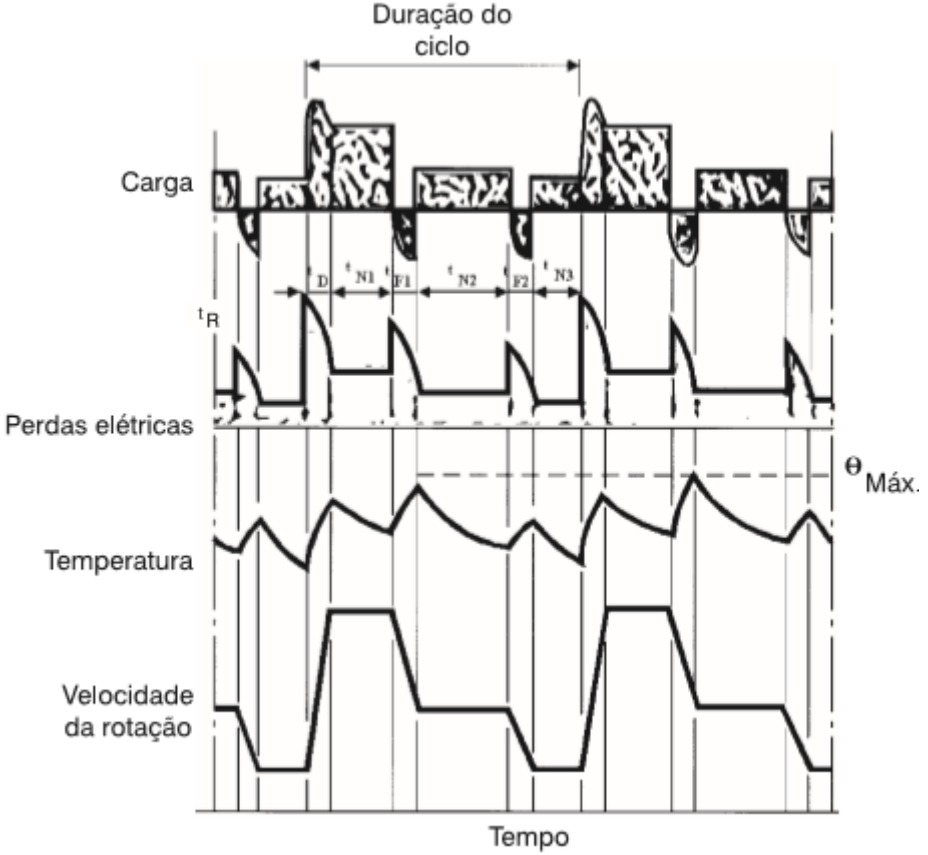
Fator de duração do ciclo = 1



t_D = *partida*
t_N = *funcionamento em carga constante*
t_F = *frenagem elétrica*
$\theta_{máx}$ = *temperatura máxima atingida durante o ciclo*

Regime de funcionamento contínuo com mudança periódica na relação carga/velocidade de rotação (S8)

Sequência de ciclos de regimes idênticos, cada ciclo consistindo de um período de partida e um período de funcionamento a carga constante, correspondendo a uma determinada velocidade de rotação, seguidos de um ou mais períodos de funcionamento a outras cargas constantes, correspondentes a diferentes velocidades de rotação. Não existe período de repouso



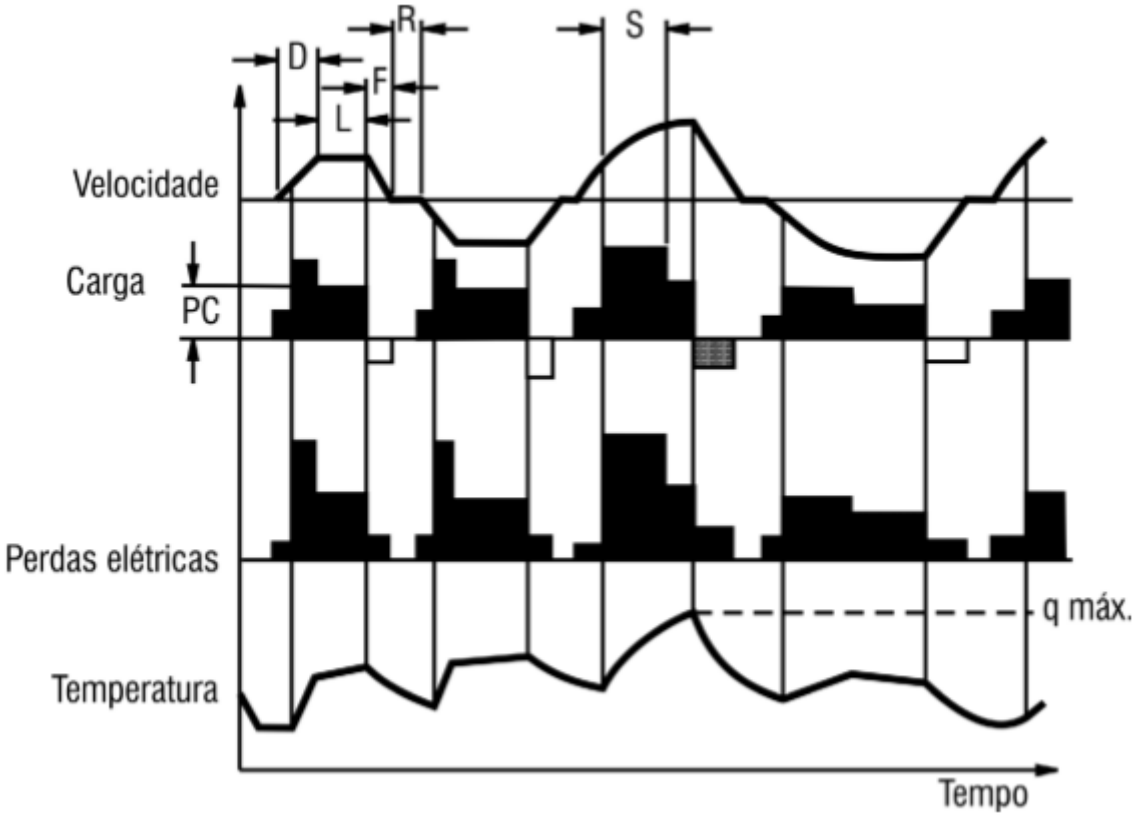
Fator de duração de ciclo:

- Para N1 = $\dfrac{t_D + t_{N1}}{t_D + t_{N1} + t_{F1} + t_{N2} + t_{F2} + t_{N3}} \cdot 100\%$
- Para N2 = $\dfrac{t_{F1} + t_{N2}}{t_D + t_{N1} + t_{F1} + t_{N2} + t_{F2} + t_{N3}} \cdot 100\%$
- Para N3 = $\dfrac{t_{F2} + t_{N3}}{t_D + t_{N1} + t_{F1} + t_{N2} + t_{F2} + t_{N3}} \cdot 100\%$

$t_{F1} - t_{F2}$ = *frenagem elétrica*
t_D = *partida*
$t_{N1} - t_{N2} - t_{N3}$ = *funcionamento em carga constante*
$\theta_{máx}$ = *temperatura máxima atingida durante o ciclo*

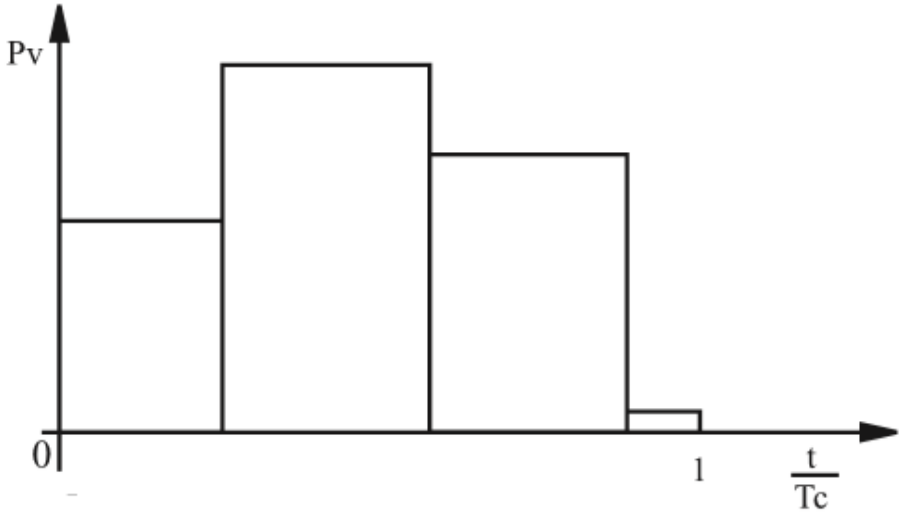
Regime com variações não periódicas de carga e de velocidade (S9)

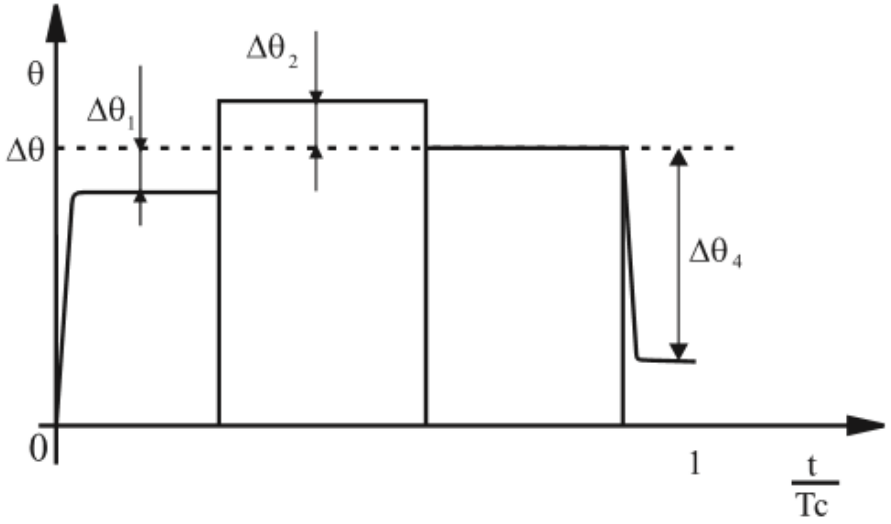
Regime no qual geralmente a carga e a velocidade variam não periodicamente, dentro da faixa de funcionamento admissível, incluindo frequentemente sobrecargas aplicadas que podem ser muito superiores à carga de referência

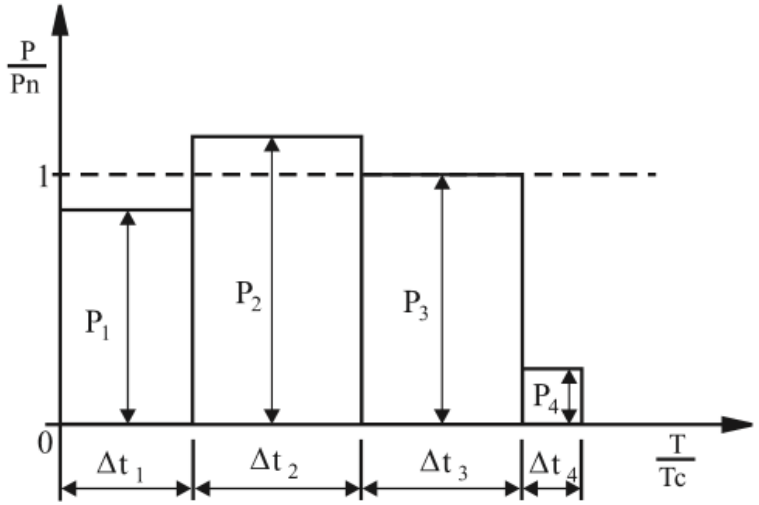


Regime com cargas constantes distintas (S10)

Regime consistindo em um número específico de valores distintos de cargas (ou cargas equivalentes) e, se aplicável, velocidade, sendo cada combinação carga/ velocidade mantida por um tempo suficiente para permitir que a máquina alcance o equilíbrio térmico. A carga mínima durante um ciclo de regime pode ter o valor zero (funcionamento em vazio ou repouzo desenergizado).







Nota: nos regimes S3 e S8, o período é geralmente curto demais para que seja atingido o equilíbrio térmico, de modo que o motor vai se aquecendo e resfriando parcialmente a cada ciclo. Depois de um grande número de ciclos o motor atinge uma faixa de elevação de temperatura e equilíbrio.

Regimes especiais

Onde a carga pode variar durante os períodos de funcionamento, existe reversão ou frenagem por contracorrente, etc., a escolha do motor adequado, deve ser feita mediante consulta à fábrica e depende de uma descrição completa do ciclo:

- Potência necessária para acionar a carga. Se a carga varia ciclicamente, deve-se fornecer um gráfico de carga x tempo, como exemplificado na figura 7.15.
- Conjugado resistente da carga.
- Momento de inércia total (GD2 ou J) da máquina acionada, referida à sua rotação nominal.
- Número de partidas, reversões, frenagens por contracorrente, etc.
- Duração dos períodos em carga e em repouso ou vazio.

Designação do Regime Tipo

O regime tipo é designado pelo símbolo descrito conforme a NBR 17094-1, os regimes de tipo e os símbolos alfa-numéricos a eles atribuídos,

No caso de regime contínuo, este pode ser indicado, em alternativa, pela palavra “contínuo”. Exemplos das designações dos regimes:

1. S2 60 segundos
   A designação dos regimes S2 a S8 é seguida das seguintes indicações:
   - a) S2, do tempo de funcionamento em carga constante;
   - b) S3 a S6, do fator de duração do ciclo;
   - c) S8, de cada uma das velocidades nominais que constituem o ciclo, seguida da respectiva potência nominal e do seu respectivo tempo de duração.

No caso dos regimes S4, S5, S7 e S8, outras indicações a serem acrescidas à designação, deverão ser estipuladas mediante acordo entre fabricante e comprador.

Nota: Como exemplo das indicações a serem acrescidas, mediante o referido acordo às designações de regimes tipo diferentes do contínuo, citam-se as seguintes, aplicáveis segundo o regime tipo considerado:

a) Número de partidas por hora;
b) b) Número de frenagens por hora;
c) c) Tipo de frenagens;
d) d) Constante de energia cinética (H), na velocidade nominal, do motor e da carga, esta última podendo ser substituída pelo fator de inércia (FI).

Onde: *Constante de energia cinética* é a relação entre a energia cinética (armazenada no rotor à velocidade de rotação nominal) e a potência aparente nominal. *Fator de inércia* é a relação entre a soma do momento de inércia total da carga (referido ao eixo do motor) e do momento de inércia do rotor

Potência nominal

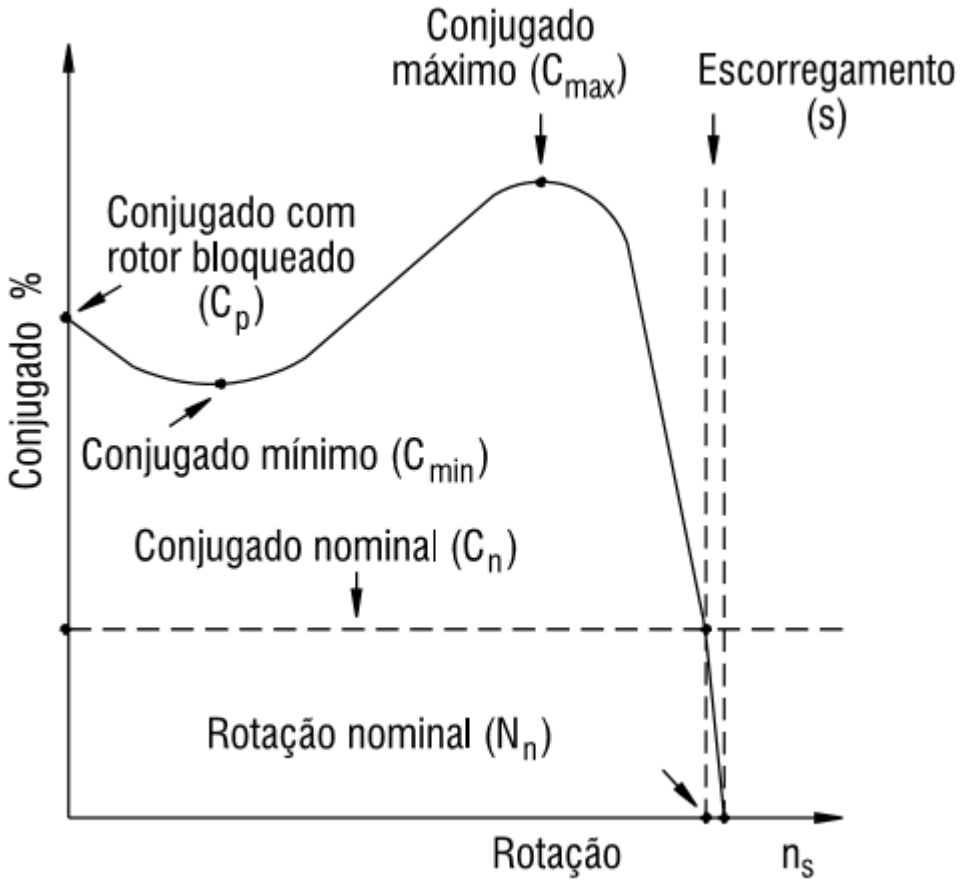
É a potência que o motor pode fornecer, dentro de suas características nominais, em regime contínuo.

O conceito, está intimamente ligado à elevação de temperatura do bobinado.

Sabemos que o motor pode acionar cargas de potências bem acima de sua potência nominal, até quase atingir o conjugado máximo.

Se esta sobrecarga for muito acima daquela para a qual foi projetado, o aquecimento normal será ultrapassado e a vida do motor será diminuída, podendo ele, até mesmo, queimar rapidamente.

A potência solicitada ao motor é definida pelas características da carga.



- *Curva conjugado x rotação*

Fator de serviço (FS)

É o fator que, aplicado à potência nominal, indica a carga permissível que pode ser aplicada continuamente ao motor, sob condições especificadas.

Note que se trata de uma capacidade de sobrecarga contínua, ou seja, uma reserva de potência que dá ao motor uma capacidade de suportar melhor o funcionamento em condições desfavoráveis.

O fator de serviço não deve ser confundido com a capacidade de sobrecarga momentânea, durante alguns minutos.

O fator de serviço FS = 1,0 significa que o motor não foi projetado para funcionar continuamente acima de sua potência nominal. Isto, entretanto, não muda a sua capacidade para sobrecargas momentâneas.

A NBR 17094 especifica os fatores de serviço usuais por potência.

> Não recomenda projetar a aplicação/carga para utilização contínua do fator de serviço, pois este se designa a ser utilizado em uma eventual e temporária anormalidade tais como: sobrecarga, sobretensão/subtensão, excesso de partidas, etc.

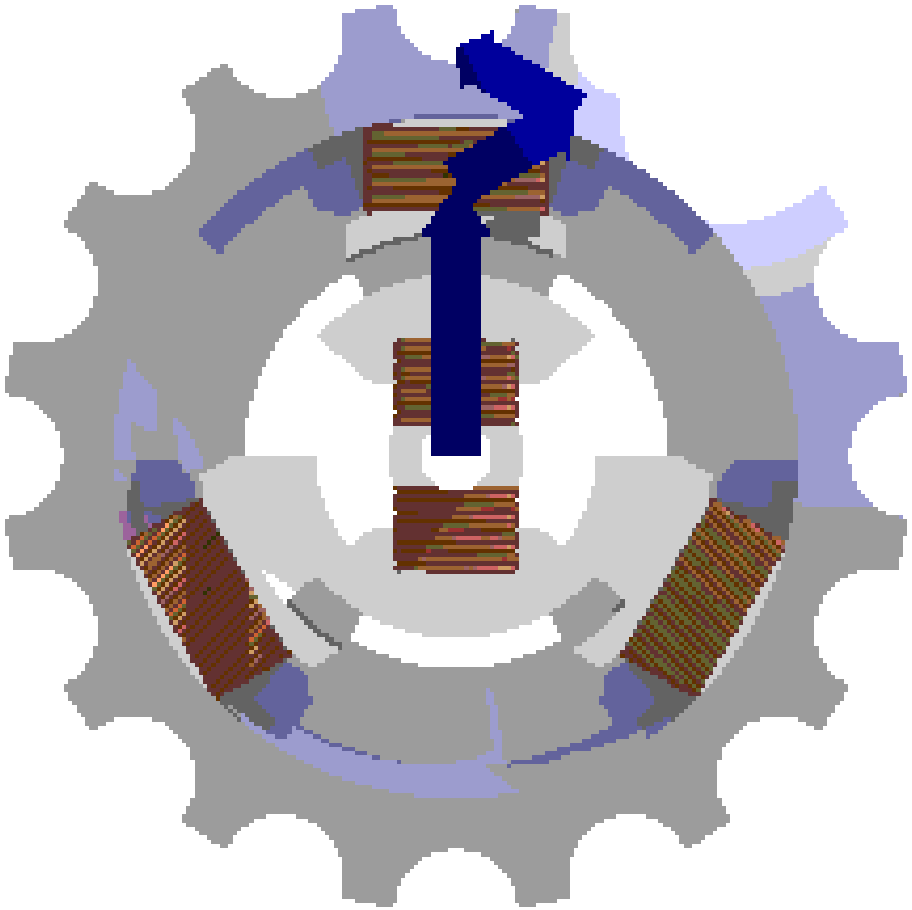
Características de ambiente

Para analisar a viabilidade do uso de um motor em uma determinada aplicação deve-se levar em consideração alguns parâmetros entre os quais:

- Altitude em que o motor será instalado;
- Temperatura do meio refrigerante.

Conforme ABNT NBR 17094 e IEC 60034-1, as condições usuais de serviço, são:

a) Altitude não superior a 1.000 m acima do nível do mar;

b) Meio refrigerante (na maioria dos casos, o ar ambiente) com temperatura não superior a 40 ºC e isenta de elementos prejudiciais.

Até estes valores de altitude e temperatura ambiente, considera-se condições normais e o motor deve fornecer, sem sobreaquecimento, sua potência nominal.