

Motores Elétricos

Carlos Frederico Meschini Almeida

O Motor Elétrico



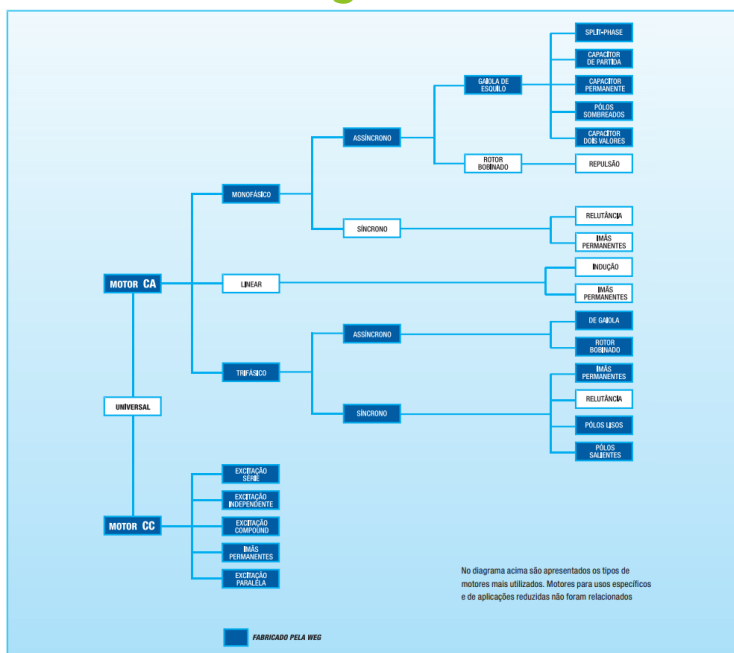
O motor elétrico é a máquina mais usada para transformar energia elétrica em energia mecânica, pois combina as vantagens da utilização de energia elétrica (baixo custo, facilidade de transporte, limpeza e simplicidade de comando) com sua construção simples e robusta a baixos custos com grande versatilidade de adaptação aos mais variados tipos de cargas.

O Motor Elétrico e o Consumo de Energia

Setor	Total		Força Motriz e Refrigeração	
	GWh/a	GWh/a	GWh/a	%
Cimento	3 754	3 702	3 702	99%
Ferro-gusa e aço	16 889	14 111	14 111	84%
Ferro-ligas	7 659	236	236	3%
Mineração e pelotização	9 292	8 586	8 586	92%
Não ferrosos	33 907	10 282	10 282	30%
Química	21 612	16 465	16 465	76%
Alimentos e bebidas	19 851	16 009	16 009	81%
Têxtil	7 776	7 582	7 582	98%
Papel e celulose	14 098	13 442	13 442	95%
Cerâmica	3 050	2 745	2 745	90%
Outros	34 173	23 750	23 750	70%
Total	172 061	116 909	116 909	68%

M. d. M. e. Energia, "Plano Nacional de Energia 2030," Brasília, 2006-2007.

Universo Tecnológico dos Motores



Tipos de Motor Elétrico

Motor CC (Corrente Contínua)

Os motores de corrente contínua são motores com custo mais elevado pois precisam de uma fonte de corrente contínua, ou de um dispositivo que converta a corrente alternada em corrente contínua. Este motor é aplicado em casos especiais.

Motor CA (Corrente Alternada)

Os motores de corrente alternada são os mais utilizados, porque a distribuição de energia elétrica é feita em corrente alternada.

Motores de Corrente Alternada

Síncronos

Velocidade Constante
(independente da variação da carga)

Assíncronos

Velocidade Variável
(em dependência da variação da carga)

Evolução do Motor Elétrico

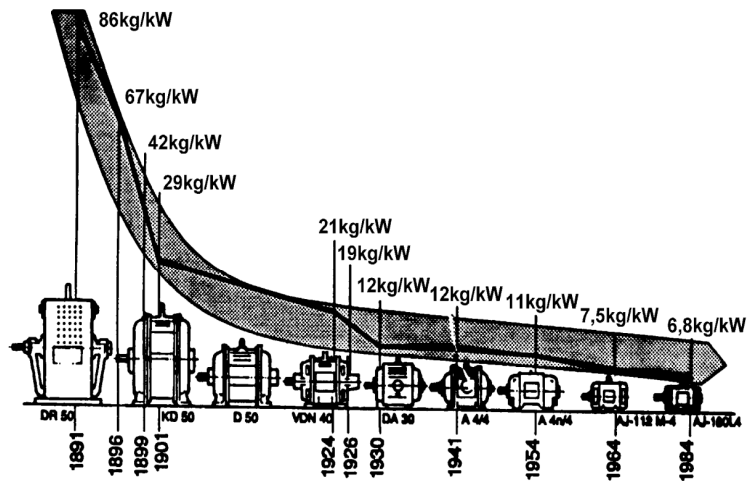
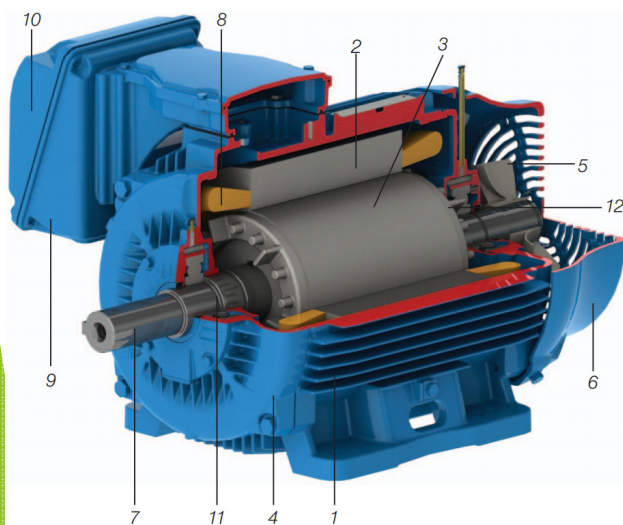


Figura 1.1. - Evolução do motor trifásico AEG - Relação - Peso/Potência (motor trifásico de 4kW e 02 pólos).

Características Construtivas



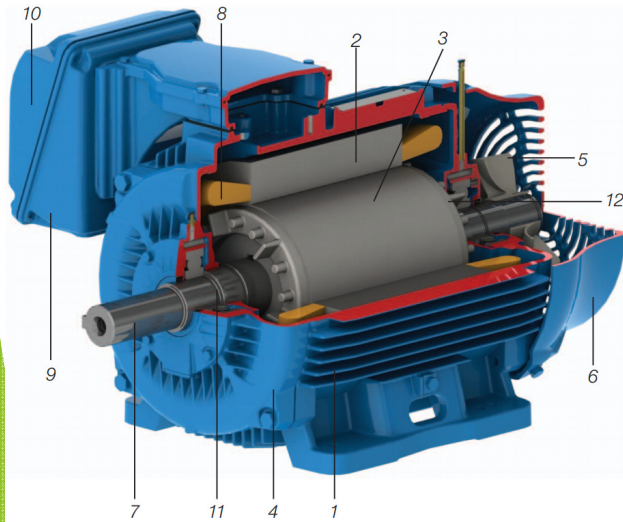
Estator

- Carcaça (1) - é a estrutura suporte do conjunto de construção robusta em ferro fundido, aço ou alumínio injetado, resistente à corrosão e normalmente com aletas.
- Núcleo de chapas (2) - as chapas são de aço magnético.
- Enrolamento trifásico (8) - três conjuntos iguais de bobinas, uma para cada fase, formando um sistema trifásico equilibrado ligado à rede trifásica de alimentação.

Rotor

- Eixo (7) - transmite a potência mecânica desenvolvida pelo motor.
- Núcleo de chapas (3) - as chapas possuem as mesmas características das chapas do estator.
- Barras e anéis de curto-circuito (12) - são de alumínio injetado sob pressão numa única peça.

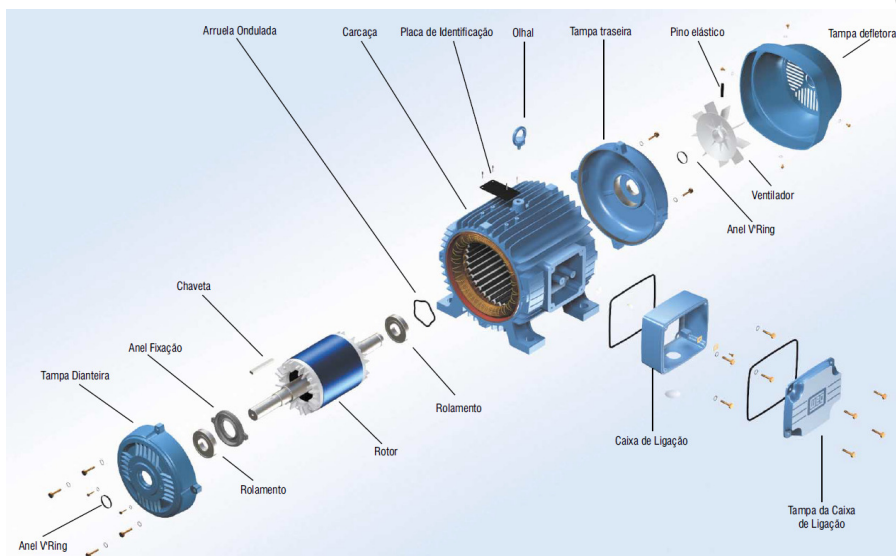
Características Construtivas



Outras partes do motor de indução trifásico:

- Tampa (4)
- Ventilador (5)
- Tampa defletora (6)
- Caixa de ligação (9)
- Terminais (10)
- Rolamentos (11)

Características Construtivas



Características Construtivas

► Grau de Proteção

É a proteção do motor contra a entrada de corpos estranhos (poeira, fibras, etc.), contato acidental e penetração de água.

Assim, por exemplo, um equipamento a ser instalado num local sujeito a jatos d'água, deve possuir um invólucro capaz de suportar tais jatos, sob determinados valores de pressão e ângulo de incidência, sem que haja penetração de água que possa ser prejudicial ao funcionamento do motor.

O grau de proteção é definido por duas letras (IP) seguido de dois números. O primeiro número indica proteção contra entrada de corpos estranhos e contato acidental, enquanto o segundo indica a proteção contra entrada de água.

Características Construtivas

► Grau de Proteção



MOTORES ABERTOS

Devem trabalhar em ambientes limpos e abrigados.



**MOTOR
IP21
IP23**



MOTORES FECHADOS

Podem trabalhar em ambientes desabrigados.



**MOTOR
IP55
IP56
IP65
IP66**

Características Construtivas

► Grau de Proteção

	Indicação do 2º algarismo
0	Máquina não protegida
1	Máquina protegida contra gotejamento vertical
2	Máquina protegida contra gotejamento de água, com inclinação de até 15º
3	Máquina protegida contra aspersão de água
4	Máquina protegida contra projeções de água
5	Máquina protegida contra jatos de água
6	Máquina protegida contra água de vagalhões



Características Construtivas

► Operação de motor elétrico



Características Construtivas

- ▶ Carcaça



Características Construtivas

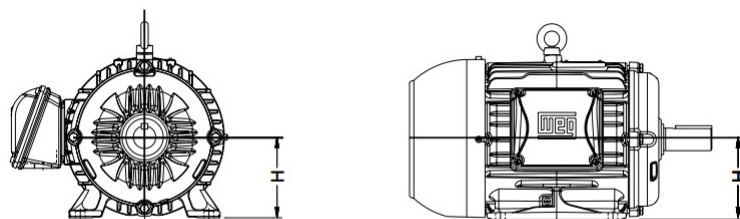
- ▶ Carcaça



Características Construtivas

► Carcaça

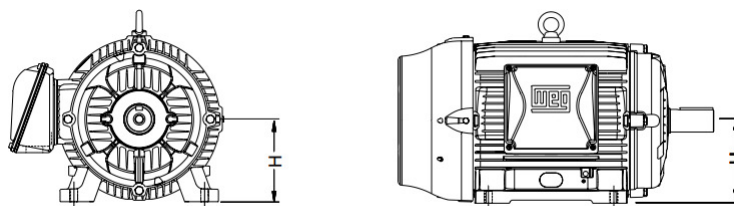
O tipo de carcaça permite identificar grande parte de suas dimensões mecânicas. O tamanho da carcaça é definido pela potência e rotação do motor e é identificada pela letra H, que vai da base de suporte do motor até o centro do eixo, medida em mm. A altura H é exatamente igual ao modelo da carcaça do motor.



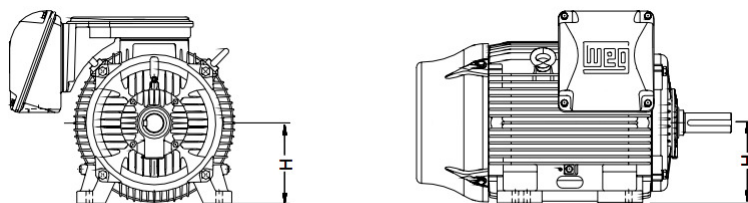
Carcaças 63 a 112M
Figura 1

Características Construtivas

► Carcaça



Carcaças 132S a 200L



Carcaças 225S/M a 355M/L

Características Construtivas

► Estator



Figura 8.10. - Pacote de estator da linha H.



Figura 8.11. - Pacote de estator da linha M.

Características Construtivas

► Bobinagem



Figura 8.13a. - Laboratório de bobinagem de alta tensão, fabricação e isolamento das bobinas (cabeça de bobina).



Figura 8.13b - Processo mecanizado de isolamento das bobinas (parte reta da bobina).

Características Construtivas

► Bobinagem



Figura 8.14a. - Inserção das bobinas nas ranhuras do estator.



Figura 8.14b. - Inserção das bobinas nas ranhuras do estator.

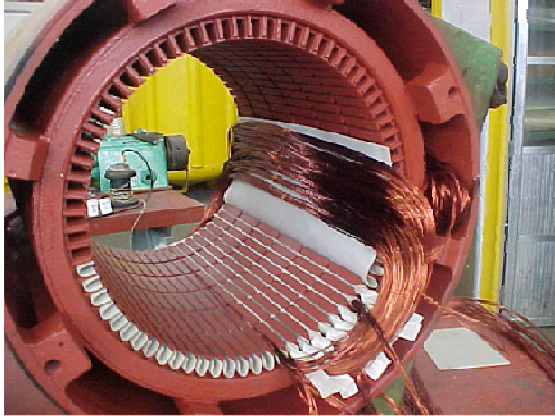
Características Construtivas

► Estator

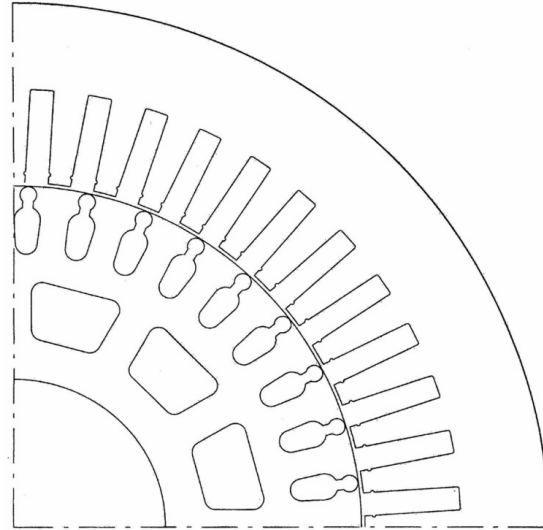


Características Construtivas

► Estator



14.3.1. Ranhura do Estator para Bobinas de Alta Tensão Rotor com Ranhuras para Injeção de Alumínio



Características Construtivas

► Classes de Isolamento

A classe de isolamento é a especificação do isolamento térmico. Ou seja, ele especifica qual é a máxima temperatura que o bobinado do motor pode suportar continuamente sem que seja afetada sua vida útil. Existem três classes de isolamento:

B	135 °C
F	150 °C
H	180 °C

Esses valores consideram uma temperatura ambiente de até 40 °C. Condições de operação acima deste valor devem ser tratadas como especiais.

Características Construtivas

► Classes de Isolamento



Características Construtivas

► Rotor Tipo Gaiola

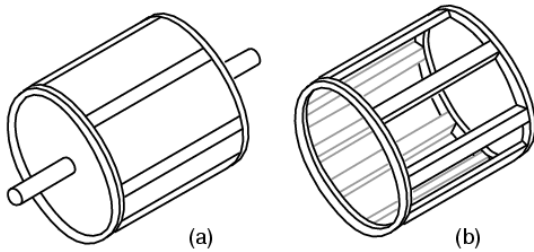


Figura 8.19. - Rotor de alumínio injetado.

Características Construtivas

► Rotor Tipo Gaiola



Figura 8.20. - Rotor de barras sem canais radiais de ventilação (linha H).



Figura 8.21. - Rotor de barras com canais radiais de ventilação (linha M).

Características Construtivas

► Rotor Tipo Bobinado



Figura 8.22. - Rotores bobinados ou de anéis.



Figura 8.26. - Porta escovas com dispositivo de levantamento automático/manual.

Características Construtivas

► Eixo

Tipos de eixos:

- Oco:
Aplicado em motores verticais onde o peso da carga é apoiado no motor;
- Maciço:
Aplicado em motores onde o diâmetro do rotor é pequeno.
- Costelado:
Aplicado em motores onde o diâmetro do rotor é grande.



chapa é colocada

Figura 8.36. – Eixo Costelado. A chapa é colocada

Características Construtivas

► Caixa de Ligação



Figura 8.28. - Caixa de ligação principal em aço.



Figura 8.31. - Caixa de ligação principal com para-raios, capacitor e TC.

Características Construtivas

► Mancal

Dispositivo mecânico sobre o qual se apóia um eixo girante (no caso do motor elétrico), deslizante ou oscilante, e que lhe permite o movimento com um mínimo de atrito.

Devido a grande importância dos mancais para o motor como um todo, segue abaixo alguns fatores que determinam a sua durabilidade, a saber:

- Velocidade de operação;
- Esforços axiais e radiais aplicados aos mesmos;
- A correta manutenção e lubrificação;
- As condições ambientais a qual é submetido.

► De rolamento

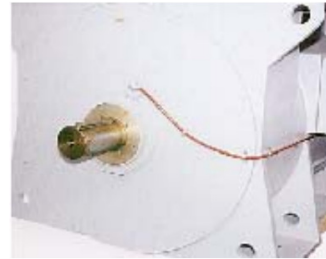


Figura 8.40a - Motor com mancal de rolamento a graxa.



Figura 8.40a - Motor com mancal de rolamento em banho de óleo.

Características Construtivas

► Mancal

► De bucha



Figura 8.44. - Motor com mancal de bucha tipo pedestal.



Figura 8.42. - Motor com mancal de bucha.

Uma grande vantagem do mancal de bucha em relação ao rolamento:

- Vida útil bem maior.
- Suporta rotações elevadas.
- Suporta maior esforço radial combinado com a rotação.

A principal desvantagem em relação ao rolamento é o seu preço.

Características Construtivas

- **Forma Construtiva** As formas construtivas definem como o motor vai ser fixado e acoplado à carga. Os motores são geralmente fornecidos na forma construtiva B3D, (montagem na posição horizontal, motor com pés, eixo à direita, olhando para a caixa de ligação). Demais formas construtivas podem ser observadas na tabela abaixo.

Forma Construtiva	Configuração																
	Referência	B3E	B3D	B3T	B5E	B5D	B5T	B35E	B35D	B35T	B14E						
Detalhes	Carcaça	com pés	com pés	sem pés	sem pés	sem pés	com pés	com pés	com pés	sem pés							
	Ponta de eixo	à esquerda	à direita	à esquerda	à esquerda	à direita	à esquerda	à direita	à esquerda	à esquerda							
	Fixação	base ou trilhos	base ou trilhos	flange FF	flange FF	flange FF	base ou flange FF	base ou flange FF	flange FC								
Forma Construtiva	Configuração																
	Referência	B14D	B14T	B34E	B34D	B34T	V5	V5E	V5T	V6	V6E	V6T	V1	V3			
Detalhes	Carcaça	sem pés	com pés	com pés	com pés	com pés	com pés	com pés	com pés	sem pés	sem pés						
	Ponta de eixo	à direita	à esquerda	à direita	à direita	para baixo	para baixo	para cima	para cima	para baixo	para cima						
	Fixação	flange FC	base ou flange FC	base ou flange FC	base ou flange FC	parede	parede	parede	flange FF	flange FF							
Forma Construtiva	Configuração																
	Referência	V15	V15E	V15T	V36	V36E	V36T	V18	V19	B6	B6E	B6T	B7	B7E	B7T	B8	B8E
Detalhes	Carcaça	com pés	com pés	com pés	sem pés	sem pés	sem pés	sem pés	sem pés	com pés	com pés	com pés	com pés	com pés	com pés	com pés	com pés
	Ponta de eixo	para baixo	para baixo	para cima	para cima	para baixo	para baixo	para cima	para cima	para frente	para frente	para frente	para frente	para frente	para frente	para frente	para frente
	Fixação	parede ou flange FF	parede ou flange FF	parede ou flange FF	parede ou flange FF	flange C	flange C	flange C	flange C	parede	parede	parede	parede	parede	parede	teto	teto

Características Construtivas

- **Ventilação**

O sistema de ventilação é responsável pela refrigeração do motor. Os motores IP55 (fechados) são geralmente fornecidos com sistema de ventilação TFVE. Já os motores com grau de proteção IP21 (abertos) possuem sistema de ventilação interna.

TFVE → Totalmente fechado com ventilação externa.

ABERTO → Ar circula livremente no motor (ventilação interna).

Características Construtivas

► Ventilação



Figura 8.37. – Ventilador Radial.



Figura 8.38. – Ventilador Axial.

Características Construtivas

► Trocador de Calor

► Ar-Ar



Figura 8.8a. - Trocador de calor ar-ar montado em cima do motor.



Figura 8.8b. - Trocador de calor ar-ar montado em volta do estator.

Características Construtivas

► Trocador de Calor

► Ar-Ar



Figura 8.9a. - Trocador de calor ar-água. O movimento do ar interno do motor, através do trocador, é movimentado pelo ventilador montado no eixo do motor.



Figura 8.9a. - Trocador de calor ar-água. O movimento do ar interno do motor, através do trocador, é movimentado pelo ventilador montado no motor auxiliar do trocador.

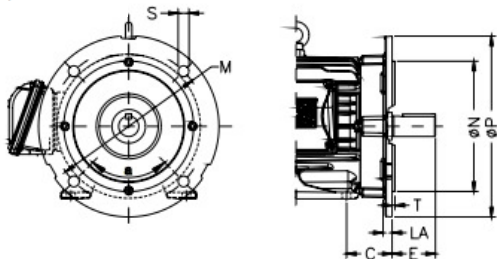
Características Construtivas

► Flange

Os flanges são utilizados em situações onde o acoplamento do motor é feito diretamente na máquina.

Os flanges mais utilizados são os tipos FF, FC e FC-DIN.

Tipo "FF"

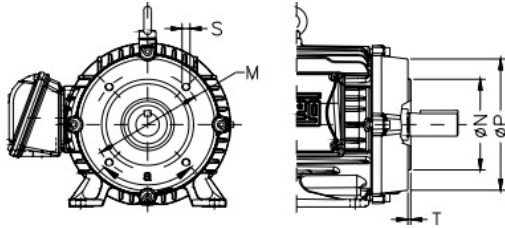


Carcaça	Flange	Flange "FF"						α	Nº de furos
		LA	M	N	P	S	T		
63	FF-115	9	115	95	140	10	3	45°	4
71	FF-130		130	110	160		3,5		
80	FF-165	10	165	130	200	12	4		
90S									
90L									
100L	FF-215	11	215	180	250	15	5		
112M									
132S	FF-265	12	265	230	300	19	6		
132M									
132M/L									
160M									
160L	FF-300	18	300	250	350	19	5		
180M									
180L									
200L	FF-350		350	300	400				
200M									
225S/M	FF-400	18	400	350	450	19	5		
250S/M									
280S/M	FF-500	22	500	450	550	24	6		
315S/M									
355M/L	FF-600		600	550	660				
355A/B									
	FF-740		740	680	800			22°30'	8

Características Construtivas

- Flange

Tipo "C"



Flange "C"								
Caixaça	Flange	M	N	P	S	T	α	Nº de furos
63	FC-95	95,2	76,2	143	UNC 1/4"x20	4		
71								
80								
90S	FC-149	149,2	114,3	165	UNC 3/8"x16	6,3	α 45°	4
90L								
100L								
112M								
132S	FC-184	184,2	215,9	225	UNC 1/2"x13	6,3		
132M								
132M/L								
160M								
160L								
180M								
180L	FC-228	228,6	266,7	280				
200L								
200M								
225S/M	FC-279	279,4	317,5	395				
250S/M								
280S/M	FC-355	355,6	406,4	455	UNC 5/8"x11	6,3	22°30'	8
315S/M								
355M/L	FC-368	368,3	419,1					
355A/B								

Características Construtivas

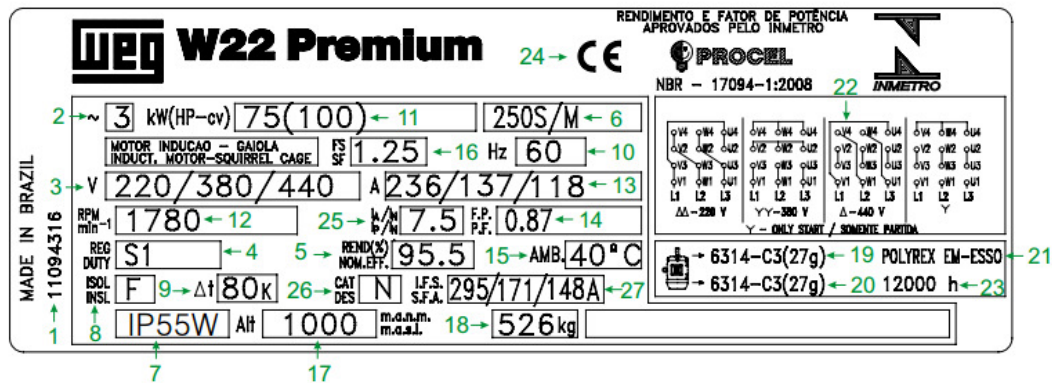
- Placa de Identificação

Exemplo de Placa de identificação: Motor trifásico.

W22 Premium	
11	6
2 → 3 kW (HP-cv) 0.75 (1.0)	80 MOTOR INDUÇÃO - GAIOLA INDUCT. MOTOR-SQUIRREL CAGE
3 → V 220/380	13 → A 2,87/1,66
12 → RPM 1725	10 → Hz 60
16 → SF 1,15	26 → W/IN 7,3
14 → P.F. 0,83	17 → Alt. 1000
5 → REND. EFF. 82,6	15 → AMB. 40°C
8 → ISOL. INSUL. F	9 → ΔT 80 K
27 → N	7 → IP55
22 → 220 V	23 → 380 V
U2 U2 Y2	U2 U2 Y2
U1 U1 Y1	U1 U1 Y1
W2 W2	W2 W2
W1 W1	W1 W1
L1 L1	L1 L1
L2 L2	L2 L2
L3 L3	L3 L3
18 → Kg	21 → POLYREX, EM-ESSO
19 → 6204-ZZ-19	20 → 6203-ZZ-20
11310148	CE
RENDIMENTO E FATOR DE POTÊNCIA APROVADOS PELO INMETRO	PROCEL
NBR - 17094-1:2008	INMETRO
25	

Características Construtivas

► Placa de Identificação



Características Construtivas

► Placa de Identificação

- | | |
|---|---|
| 1 – Código do motor | 19 – Especificação do rolamento dianteiro e quantidade de graxa |
| 2 – Número de fases | 20 – Especificação do rolamento traseiro e quantidade de graxa |
| 3 – Tensão nominal de operação | 21 – Tipo de graxa utilizada nos rolamentos |
| 4 – Regime de serviço | 22 – Esquema de ligação para a tensão nominal |
| 5 – Rendimento | 23 – Tempo de relubrificação do motor (em horas) |
| 6 – Modelo da carcaça | 24 – Certificações |
| 7 – Grau de proteção | 25 – Relação da corrente de partida/corrente nominal |
| 8 – Classe de isolamento | 26 – Categoria de conjugado |
| 9 – Temperatura da classe de isolamento | 27 – Corrente no fator de serviço |
| 10 – Frequência | |
| 11 – Potência | |
| 12 – Rotação nominal por minuto | |
| 13 – Corrente nominal de operação | |
| 14 – Fator de potência | |
| 15 – Temperatura ambiente | |
| 16 – Fator de serviço | |
| 17 – Altitude | |
| 18 – Massa | |

Características Construtivas

► Pintura

O plano de pintura abaixo, apresenta as soluções que são adotadas para cada aplicação.

Equivalências dos Planos de Pintura WEG x ISO 12944							
Planos de pintura (TBG 0122)	Classificação da corrosividade do ambiente ISO 12944-2	Durabilidade estimada (anos)			Espessura total (µm) ISO 12944	Exemplos considerando ambientes com clima tipicamente temperado	
		5	5 a 15	> 15		Exterior	Interior
203A	C2	L			70-90	Atmosferas com baixo nível de poluição. Na maioria, áreas rurais.	Ambientes frios onde podem ocorrer condensação, ex: depósitos, salas esportivas.
207N	C3		M		80-150	Atmosferas urbanas ou industriais, poluição moderada com dióxido de enxofre. Área litorânea com baixa salinidade.	Salas de produção com alta umidade e poluição no ar. Ex: alimentos, lavanderias, cervejarias, etc.
205E	C3		M		80-150		
202P	C3			H	80-150		
202E	C3			H	80-150		
212P	C5 (I e M)			H	280-320	C5I: Área industrial com elevada umidade e atmosfera agressiva.	C5I: Edifícios ou áreas que podem ocorrer condensação e alta poluição
212E	C5 (I e M)			H	280-320		
214P	C5 (I e M)			H	120-200	C5M: Área litorânea e offshore com elevada salinidade.	C5M: Edifícios ou áreas que podem ocorrer condensação e alta poluição.
216P	C5 (I e M)			H	280-320		

Características Construtivas

► Pintura

Pintura Tropicalizada ou Tropicalização

Altos índices de umidade podem levar a um desgaste prematuro do sistema de isolamento, que é o principal responsável pela vida útil do motor. Ambientes com até 95% de umidade relativa não requerem proteções adicionais além da resistência de aquecimento para evitar a condensação de água no interior do motor. Entretanto, para ambientes com níveis de umidade superiores a 95% aplica-se nas partes internas do motor uma pintura epóxi conhecida como pintura tropicalizada.



Características Construtivas

► Limites de ruídos

NÍVEL DE POTÊNCIA SONORA EM dB(A)

Graus de proteção		IP22	IP44	IP22	IP44	IP22	IP44	IP22	IP44	IP22	IP44	IP22	IP44
Velocidade nominal (rpm) "n"		n≤960		960<n ≤1320		1320<n ≤1900		1900<n ≤2360		2360<n ≤3150		3150<n ≤3750	
Faixas de potências nominais, P		Nível de potência sonora dB(A)											
Motores													
kW	cv												
P<1,1	P<1,5	73	73	76	76	77	78	79	81	81	84	82	86
1,1<P≤2,2	1,5<P≤3,0	74	74	78	78	81	82	83	85	85	86	86	91
2,2<P≤5,5	3,0<P≤7,5	77	78	81	82	85	86	86	90	89	93	93	95
5,5<P≤11	7,5<P≤15	81	82	85	85	88	90	90	93	93	97	97	96
11<P≤22	15<P≤30	84	86	88	88	91	94	93	97	96	100	97	100
22<P≤37	30<P≤50	87	90	91	91	94	98	96	100	99	102	101	102
37<P≤55	50<P≤75	90	93	94	94	96	100	98	102	101	104	103	104
55<P≤110	75<P≤150	93	96	97	95	100	103	101	104	103	106	105	106
110<P≤220	150<P≤300	97	99	100	102	103	106	103	108	105	109	107	110
220<P≤630	300<P≤860	99	102	103	105	106	108	106	109	107	111	110	113
630<P≤1100	860<P≤1500	101	105	106	108	108	111	108	111	109	112	111	116
1100<P≤2500	1500<P≤3400	103	107	108	110	109	113	109	113	110	113	112	118
2500<P≤6300	3400<P≤8600	106	109	110	112	110	115	111	115	112	115	114	120

Características Construtivas

► Vibração

A vibração de uma máquina elétrica está intimamente relacionada com sua montagem e por isso é geralmente desejável efetuar as medições de vibração nas condições reais de instalação e funcionamento.

A *tabela 8.4* indica os valores admissíveis para a máxima velocidade de vibração, para motores elétricos, para dois graus: A e B - conforme norma IEC 60034-14.

Grau A: Aplicado a máquinas sem exigências especiais de vibração.

Grau B: Aplicado em máquinas com exigências especiais de vibração. Montagem rígida não é considerado aceitável para máquinas com altura de eixo menor que 132.

Classe de Balanceamento	Montagem	Valor Limite da Velocidade de Vibração (mm/s) para Carcaças		
		56 a 132	132 a 280	H > 280
A	Livre	1,6	2,2	2,8
	Rígida	1,3	1,8	2,3
B	Livre	0,7	1,1	1,8
	Rígida	--	0,9	1,5

Tabela 8.4. - Limites de Vibração.

Características Construtivas

► Balanceamento

Conforme a NBR-8008, balanceamento é o processo que procura melhorar a distribuição de massa de um corpo, de modo que este gire em seus mancais sem forças de desbalanceamento.

Muitas vezes não é fácil reconhecer a relação entre o desbalanceamento do rotor e as vibrações da máquina sob condições de operação. As vibrações da máquina podem provir apenas parcialmente da presença de desbalanceamento do rotor.

A amplitude das vibrações é influenciada por vários fatores, tais como:

- Massa vibratória das carcaças da máquina e sua fundação.
- A rigidez dos mancais e fundação.
- Aproximação da velocidade de operação em relação a várias frequências de ressonância, etc.
- Problemas de montagem da máquina, acoplamento, ou do conjunto máquina acionante / acoplamento / carga.
- Projeto estrutural da máquina, acoplamento ou da carga.



Figura 8.47. – Balanceamento.

Conceitos Básicos

► Potência

É a força que o motor gera para movimentar a carga em uma determinada velocidade. Esta força é medida em HP (horsepower), cv (cavalo vapor) ou em kW (quilowatt).

Nota:

HP e cv são unidades diferentes de kW.

Para converter os valores das unidades de potência você pode usar as fórmulas abaixo:

DE	Multiplique por	Para obter
HP e cv	0,736	kW
kW	1,341	HP e cv

Conceitos Básicos

► Potência

Exemplo: um motor de 5 cv convertido para kW:

$$5 \text{ cv} \times 0,736 = 3,68 \text{ kW}$$

Nota:

A potência especificada na placa de identificação do motor indica a potência mecânica disponível na ponta do eixo.

Para determinar a potência elétrica consumida pelo motor (kW.h), divide-se a sua potência mecânica por seu rendimento (η).

Exemplo: $5 \text{ cv} = 3,68 \text{ kW}$ (Potência mecânica)

$\eta = 84,5\%$ (Dado da placa de identificação ou catálogo)

$$P(\text{kW.h}) = \frac{3,68}{0,845} = 4,35 \text{ kW.h}$$

Conceitos Básicos

► 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.

Conceitos Básicos

► Correção do Fator de Potência

0,75	0,132	0,158	0,184	0,210	0,236	0,262	0,289	0,315	0,342	0,370	0,398	0,426	0,453	0,487	0,519	0,553	0,591	0,631	0,673	0,740	0,882	
0,76	0,106	0,131	0,157	0,183	0,209	0,235	0,262	0,288	0,315	0,343	0,371	0,399	0,426	0,460	0,492	0,526	0,564	0,604	0,652	0,713	0,855	
0,77	0,079	0,106	0,131	0,157	0,183	0,209	0,236	0,262	0,289	0,317	0,345	0,373	0,400	0,434	0,466	0,500	0,538	0,578	0,620	0,686	0,829	
0,78	0,053	0,079	0,105	0,131	0,157	0,183	0,210	0,236	0,263	0,291	0,319	0,347	0,374	0,408	0,440	0,474	0,512	0,562	0,594	0,661	0,803	
0,79	0,026	0,062	0,078	0,104	0,130	0,153	0,183	0,209	0,236	0,264	0,292	0,320	0,347	0,381	0,403	0,447	0,485	0,525	0,567	0,634	0,776	
														0,355	0,387	0,421	0,459	0,499	0,541	0,608	0,750	
														0,329	0,361	0,395	0,433	0,473	0,515	0,582	0,724	
														0,303	0,335	0,369	0,407	0,447	0,496	0,556	0,696	
														0,277	0,309	0,343	0,381	0,421	0,463	0,536	0,672	
														0,251	0,283	0,317	0,355	0,395	0,437	0,504	0,645	
														0,225	0,257	0,191	0,229	0,369	0,417	0,476	0,620	
														0,198	0,230	0,265	0,301	0,343	0,390	0,451	0,593	
														0,172	0,204	0,238	0,275	0,317	0,364	0,425	0,567	
														0,145	0,177	0,211	0,248	0,290	0,337	0,398	0,540	
														0,117	0,149	0,183	0,220	0,262	0,309	0,370	0,512	
														0,089	0,121	0,155	0,192	0,234	0,281	0,342	0,484	
														0,061	0,093	0,127	0,164	0,206	0,253	0,314	0,456	
														0,031	0,063	0,097	0,134	0,176	0,223	0,284	0,426	
														0,032	0,068	0,103	0,145	0,192	0,253	0,395	0,537	
														0,034	0,071	0,113	0,160	0,221	0,363	0,505	0,647	
0,95																0,037	0,079	0,126	0,187	0,328	0,469	
0,96																						0,470

$$Q = \frac{P (\text{cv}) \times 0,736 \times F \times 100\%}{\text{Rend. \%}}$$

Rend. %

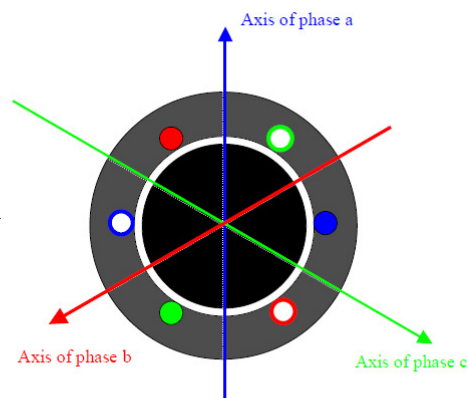
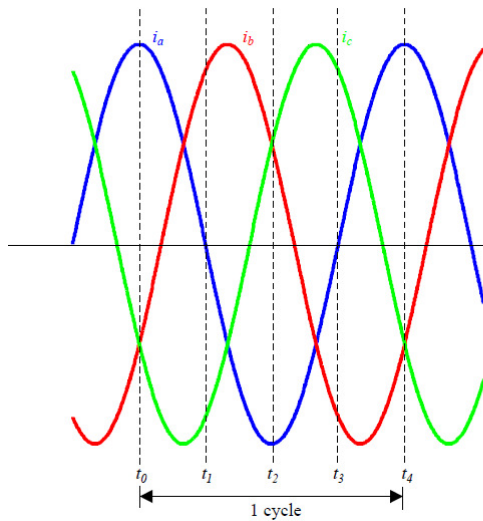
$$= \frac{100 \times 0,736 \times 0,238 \times 100\%}{93,5\%}$$

93,5%

$$Q = 18,735 \text{ kVAr}$$

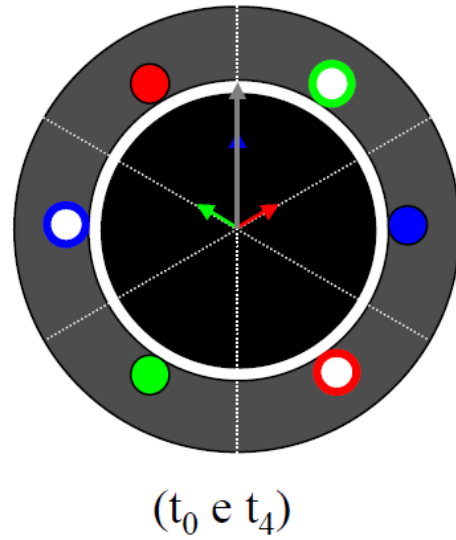
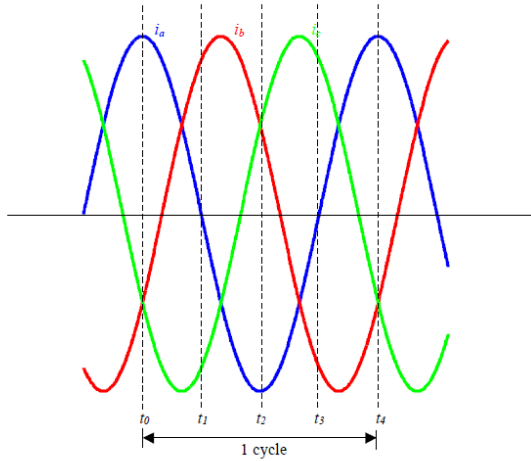
Princípio de Funcionamento

► Campo Girante



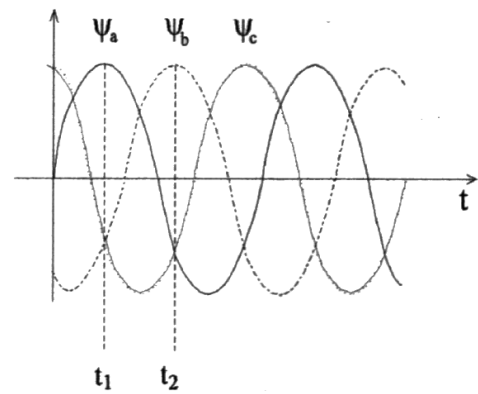
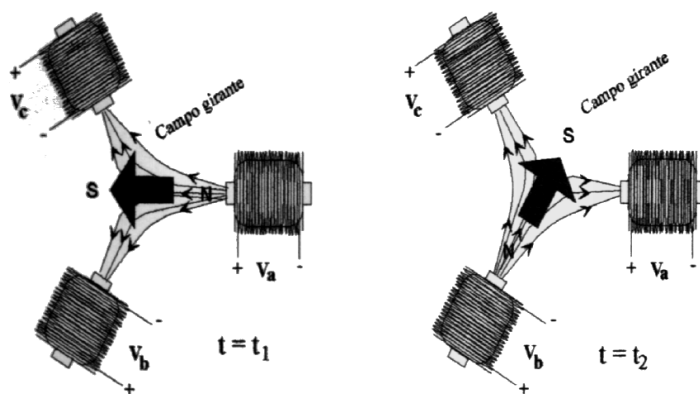
Princípio de Funcionamento

► Campo Girante



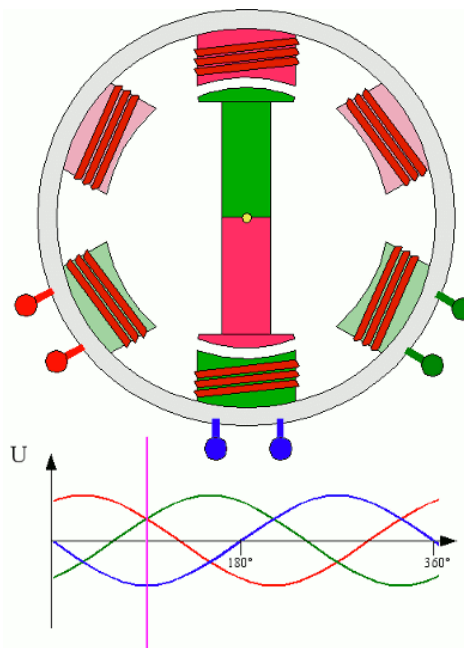
Princípio de Funcionamento

► Campo Girante



Conceitos Básicos

► Campo Girante



Conceitos Básicos

► Rotação

É o número de giros do eixo do motor por uma unidade de tempo. A rotação normalmente é expressa em rpm (rotações por minuto). Para a frequência de 60 Hz, temos:

Motor	Rotação síncrona
2 polos	3.600 rpm
4 polos	1.800 rpm
6 polos	1.200 rpm
8 polos	900 rpm