

Eletricidade Industrial– Fatec Mogi Mirim – Prof. Gerson R. Luqueta

## **DIMENSIONAMENTO DE MOTORES COM CARGA ACIONADA**

Para dimensionamento  
necessitamos conhecer:

- Conjugado requerido pela carga
- Rotação requerida
- Tipo de acoplamento

## Potência nominal

- No acoplamento direto é dada por:

$$P_n = 2\pi \cdot n \cdot C_n$$

- Onde:
  - $P_n$  = potência nominal em Watts do motor
  - $C_n$  = Conjugado nominal do motor em mN
  - $n$  = rotação nominal do motor em rps

## Conjugado com acoplamento

- No acoplamento com redutor é dada por:

$$C_n = \frac{1}{n_{ac}} \cdot \frac{n_c}{n} \cdot C_c$$

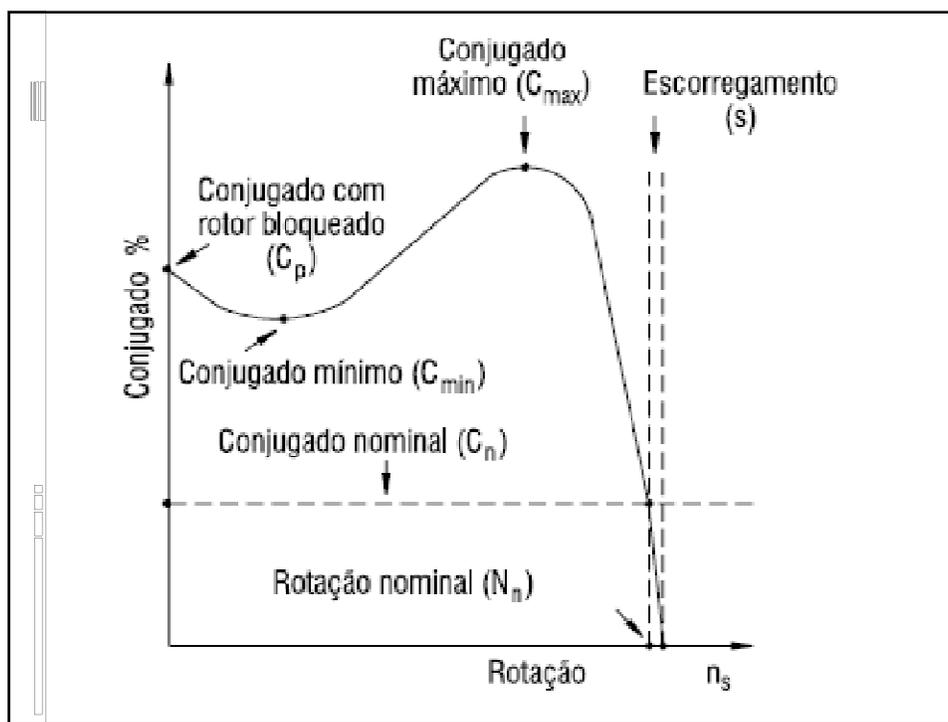
- Onde:
  - $n_{ac}$  – Rotação da carga em rps
  - $C_c$  = Conjugado nominal da carga em mN
  - $n_c$  = rotação nominal da carga em rps

## Conjugado com acoplamento

- O rendimento do acoplamento é dado por:

$$N_{ac} = \frac{P_c}{P_n}$$

- Onde:
  - $P_c$  = Potência transmitida à carga em Watts



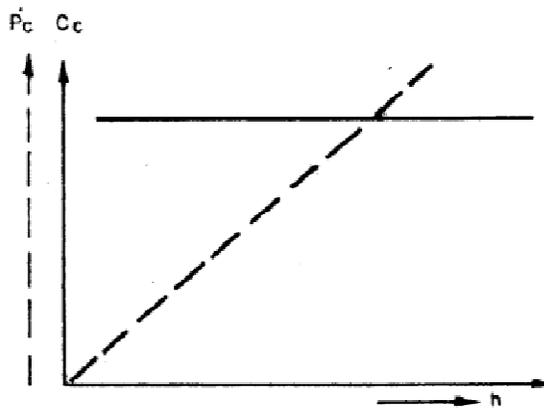
## Conjugado da carga

$$C_c = C_p + k_c n^x$$

- Onde:
  - $C_c$  = Conjugado resistente da carga
  - $C_p$  = Conjugado da carga na rotação zero
  - $k_c$  = Constante que depende da carga
  - $x$  = parâmetro do tipo de carga.

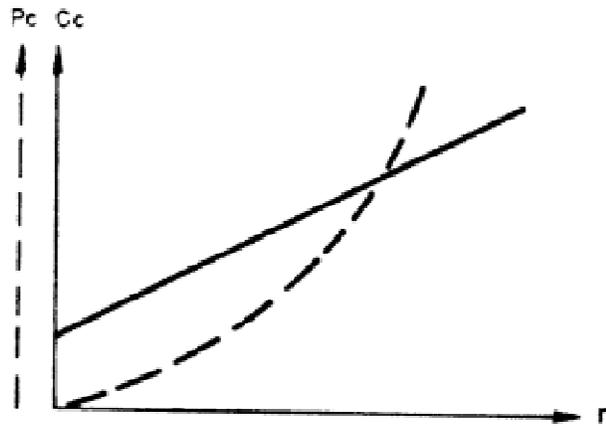
## Carga constante

- $x=0$



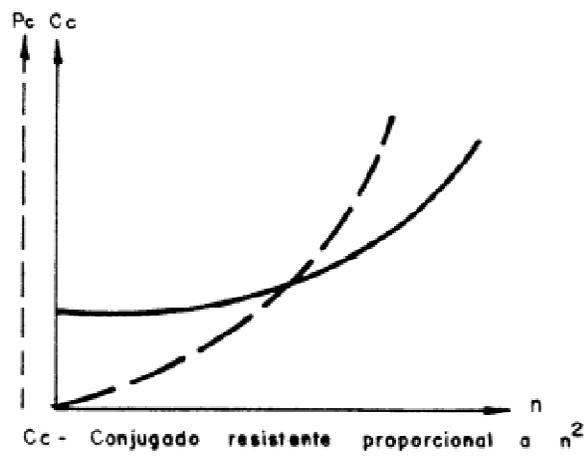
## Conjugado linear

- $X=1$



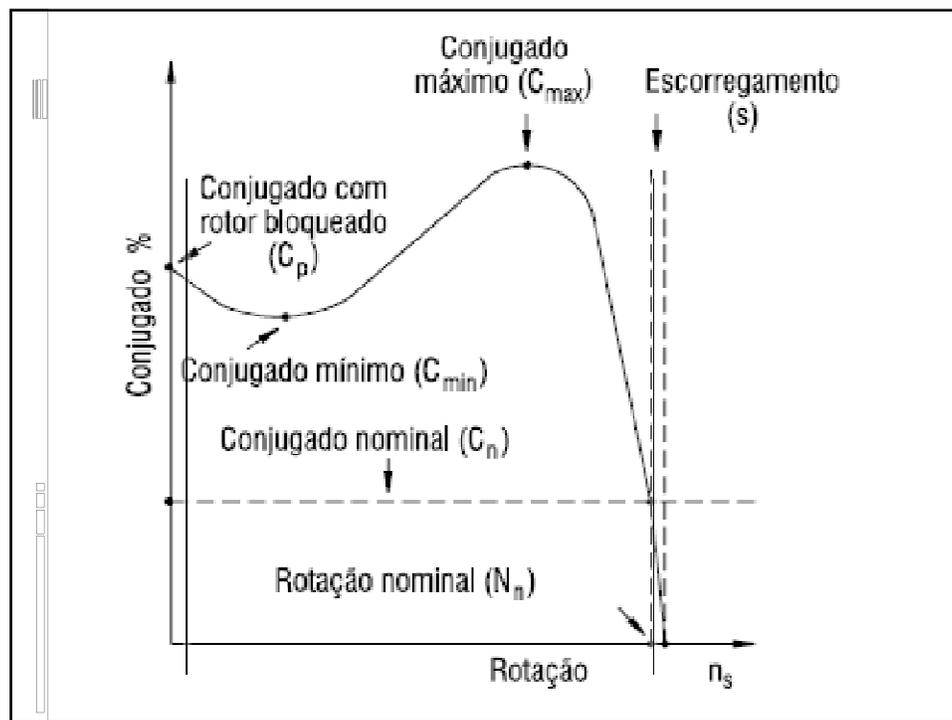
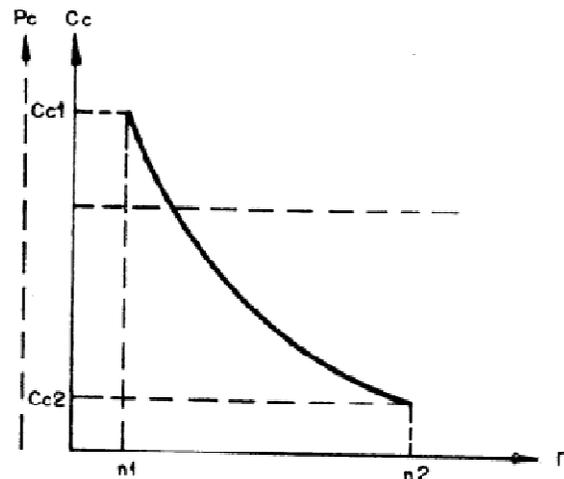
## Conjugado quadrático

- $X=2$

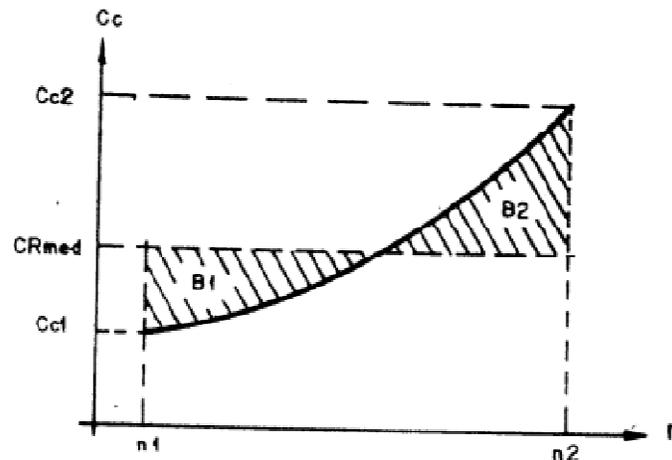


## Conjugado hiperbólico

- $X=-1$



## Conjugado resistente médio



## Conjugado resistente médio

$$C_{Rmed} = C_p + k_c \left( \frac{n_2^{x+1} - n_1^{x+1}}{n_2 - n_1} \right) \cdot \frac{1}{x+1} \quad n = \Delta n = n_2 - n_1$$

$$x=0 \quad C_{Rmed} = C_p + k_c$$

$$x=-1 \quad C_{Rmed} = C_p$$

$$x=1 \quad C_{Rmed} = C_p + \frac{1}{2} k_c n$$

$$x=2 \quad C_{Rmed} = C_p + \frac{1}{3} k_c n^2$$

## Tempo de aceleração

- O tempo de aceleração permite verificar se o motor consegue acionar a carga dentro das condições de estabilidade térmica.
- É o tempo que o motor gasta para acionar a carga desde a rotação zero até a nominal
- O ideal é que o tempo de aceleração seja menos que o tempo de rotor bloqueado.

## Tempo de aceleração

$$t_a = 2\pi n \left( \frac{J_m + J_{ce}}{C_{Mmed} - C_{Rmed}} \right)$$

- Onde:
  - $J_m$  = Momento de inércia do motor
  - $J_{ce}$  = Momento de inércia da carga
  - $C_{Rmed}$  = Conjugado resistente médio
  - $C_{Mmed}$  = conjugado motor médio.

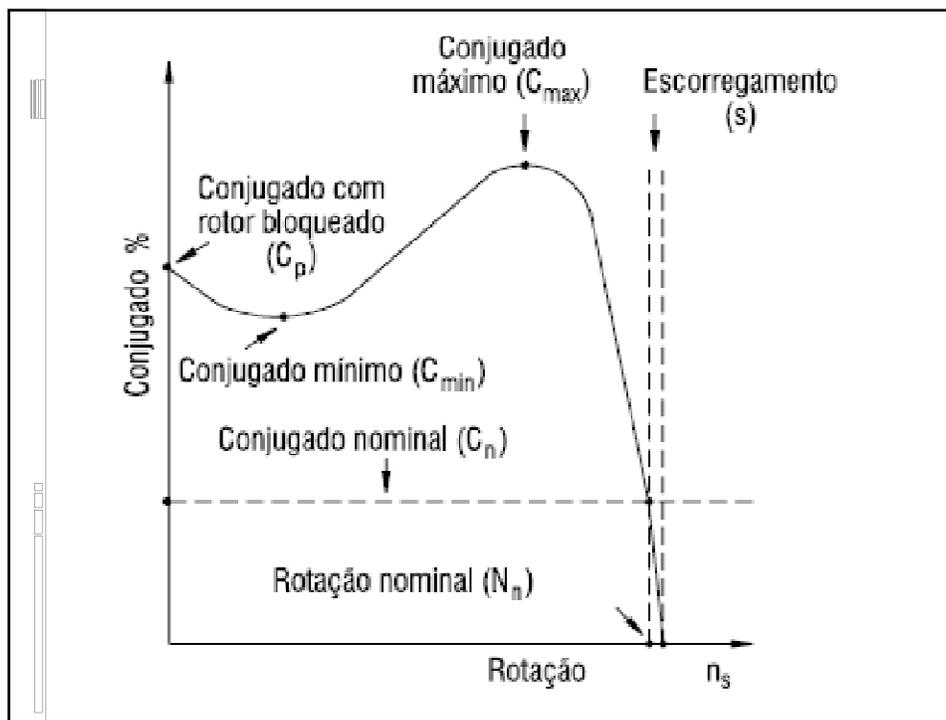
## Conjugado motor médio

- Motores categoria N e H:

$$C_{Mmed} = 0,45 \cdot \left( \frac{C_p}{C_n} + \frac{C_{max}}{C_n} \right) \cdot C_n \cdot 9,81$$

- Motores categoria D

$$C_{Mmed} = 0,6 \cdot \left( \frac{C_p}{C_n} \right) \cdot C_n$$



## Exemplo de dimensionamento Bombas

- Podem ser Radial, Helicoidal ou Axial
- Para o dimensionamento devemos considerar:
  - Rede elétrica
  - Ambiente
  - Formas construtivas
  - Características da bomba

## Exemplo

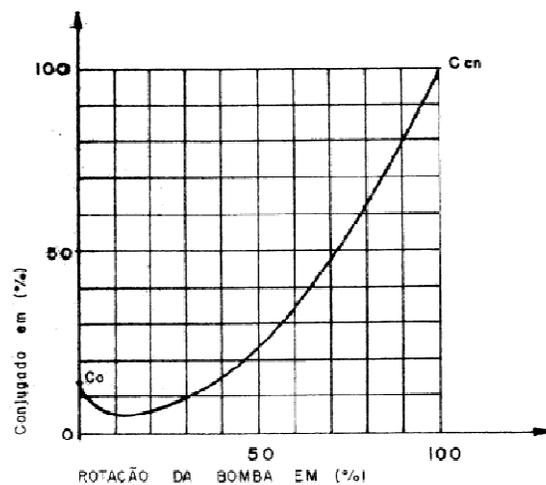
- Rede
  - $U=440V$
  - $F=60Hz$
  - Partida Direta
- Ambiente
  - Atmosfera limpa
- Características construtivas
  - Horizontal
  - Rotação sentido horário

## Exemplo

- Características de bombeamento
  - Conjugado médio na carga ( $C_{cn}$ ) = 500Nm
  - Rotação na bomba = 1750 rpm
  - Momento de inércia na bomba ( $J_c$ ) = 6kgm<sup>2</sup>
  - Acoplamento direto

## Exemplo

- Curva conjugado x rotação na bomba:



## Solução

- A) Rotação
  - Acoplamento direto → 1750 rpm = 29,17 rps
- B) Potência nominal do motor:
  - Pn = 6,28 · 29,17 · 500 = 91594 W
  - Pn aprox = 125 CV
- C) Conjugado de rotor bloqueado (da curva):
  - Cp = 0,12 · 500 = 60 Nm

## Solução

- D) Constante Kc (conjugado quadrático)

$$C_c = C_p + k_c n^x$$

- Kc = (Cc - Cp) / n<sup>2</sup>
- Kc = (500 - 60) / 29,17<sup>2</sup> = 0,517
- E) Conjugado resistente médio:
  - Crmed = 60 + 1/3 · 0,517 · (29,17)<sup>2</sup>
  - Crmed = 206,6 Nm

- E) Conjugado motor médio

Potência		Carcaça	RPM	Corrente nominal em 220V (A)	Corrente com rotor bloqueado $I_b / I_n$	Conjugado nominal $C_n$ (kgfm)	Conjugado com rotor bloqueado $C_b / C_n$	Conjugado máximo $C_{max} / C_n$
cv	kW							
125	90	280S/M	1780	293	7,3	50,3	2,2	2,5

$$C_n = 50 \text{ kgfm}$$

$$C_p / C_n = 2,2$$

$$C_{max} / C_n = 2,3$$

$$C_{med} = 0,45 \cdot (2,2 + 2,5) \cdot 50,3 \cdot 9,81 = 1043 \text{ Nm}$$

## Solução

- F) Tempo de aceleração

Momento de inércia $J$ (kgm <sup>2</sup> )	Tempo máx. com rotor bloqueado (s) a quente
1,92710	25

Como acoplamento é direto

$$J_{ce} = J_c = 6 \text{ kgm}^2$$

$$t_a = 6,28 \cdot 29,67 \cdot (1,93 + 6,0) / (1043 - 206,6)$$

$$t_a = 1,8 \text{ s} \quad t_a < t_{rb}$$

## Especificação final

- Motor tipo gaiola de esquilo
- Potência de 125CV
- Tensão 440 volts
- Frequência 60 Hz
- 4 pólos
- IP55
- Classe isolamento F
- Regime de trabalho S<sub>1</sub>
- Categoria N
- Forma construtiva B<sub>3</sub>N

## Exemplo 2 - Transportador



## O que temos que saber

- Velocidade da correia (m/s)
- Comprimento da correia (m)
- Largura da correia (m)
- Altura de elevação(m)
- Carga (t/h)
- Momento inércia da correia ( $\text{kgm}^2$ )
- Momento de inércia da carga ( $\text{kgm}^2$ )
- Conjugado de carga (Nm)
- Diâmetro do tambor de acionamento (m)
- Dados de acoplamento

## Dados de Cálculo

- Velocidade da correia = 4m/s
- Comprimento da correia = 15m
- Largura da correia = 75cm
- Altura de elevação = 5m
- Carga= 120 t/h
- Momento inércia da correia = 3,2  $\text{kgm}^2$
- Momento de inércia da carga = 8,8  $\text{kgm}^2$
- Diâmetro do tambor de acionamento = 200mm
- Rendimento do acoplamento = 0,95
- Fator de redução do acoplamento = 0,334

## O que calcular:

- Rotação do motor
- Potência requerida do motor
- Conjugado médio resistente
- Conjugado motor médio
- Tempo de aceleração

## Rotação do motor:

$$n_c = \frac{V_c}{\pi \cdot D_c}$$

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

Onde:

$n_c$  = rotação do tambor

$D_c$  = Diâmetro do tambor

$R$  = fator de redução

$n$  = Rotação do motor

## Potência requerida

- $P_t = P_1 + P_2 + P_3$
- $P_1$  = Potência de acionamento em vazio
- $P_2$  = Potência para transportar a carga na Horizontal
- $P_3$  = Potência de elevação a uma altura H qualquer

## Tabela P1

Largura DA correia em centímetros	N <sub>1</sub> (kW)											
	Comprimento do transportador L (M)											
	10	15	20	25	30	40	50	60	70	80	90	100
40	0,61	0,66	0,71	0,76	0,82	0,93	1,04	1,15	1,26	1,38	1,48	1,59
50	0,73	0,86	0,94	1,02	1,08	1,23	1,38	1,51	1,66	1,80	1,96	2,10
60	0,96	1,05	1,13	1,22	1,31	1,38	1,66	1,83	2,02	2,19	2,36	2,53
75	1,22	1,46	1,61	1,71	1,80	2,08	2,32	2,57	2,81	3,06	3,30	3,55
90	1,58	1,72	1,88	2,03	2,17	2,38	2,75	3,04	3,32	3,62	3,92	4,20
100	1,92	2,09	2,27	2,44	2,61	2,97	3,30	3,56	4,02	4,36	4,72	5,06

Tabela 11.4.1 - Potência N<sub>1</sub> (kW) - Transportador vazio a 100m/min

## Tabela P2

Comp. (m)	10	15	20	25	30	40	50	60	70	80	90	100
$N_2$ (kW)	0,46	0,50	0,54	0,58	0,63	0,71	0,79	0,88	0,95	1,04	1,12	1,20

TABELA 11.4.2 - Potência  $N_2$  (kW) para Transportar 100t/h na horizontal

## Tabela P3

Altura (m)	2	3,5	5	7,5	10	12,5	+15	17,5	20	22,5	25	27,5	30
$N_3$ (kW)	0,66	0,90	1,42	2,09	2,76	3,51	4,18	4,85	5,52	6,27	6,94	7,61	8,29

TABELA 11.4.3 - Potência  $N_3$  (kW) para elevar ou descer 100t/h a uma altura H.

## CRmed

■

## Solução

Potência		Carcaça	RPM	Corrente nominal em 220V (A)	Corrente com rotor bloqueado $I_b / I_n$	Conjugado nominal $C_n$ (kgfm)	Conjugado com rotor bloqueado $C_b / C_n$	Conjugado máximo $C_{max} / C_n$
cv	kW							
10	7,5	132M	1160	30,4	6,5	6,17	2,1	2,5

■

## Características finais

- Motor trifásico gaiola de esquilo
- Potência 7,5kW
- Tensão 380V / 60Hz
- 6 pólos
- Categoria N (?)
- Demais características conforme norma.

## Referências

- Curso de especificação de motores Elétricos da WEG
- Apostila de motores elétricos – WEG
- Bibliografia básica do curso.