

## 4 - Projeto Elétrico de um Galpão Industrial

Projetar o sistema elétrico a seguir, calculando todos os dispositivos de comando, proteção e alimentadores no sistema de baixa tensão.

(a) Planta baixa com os lay-out das máquinas

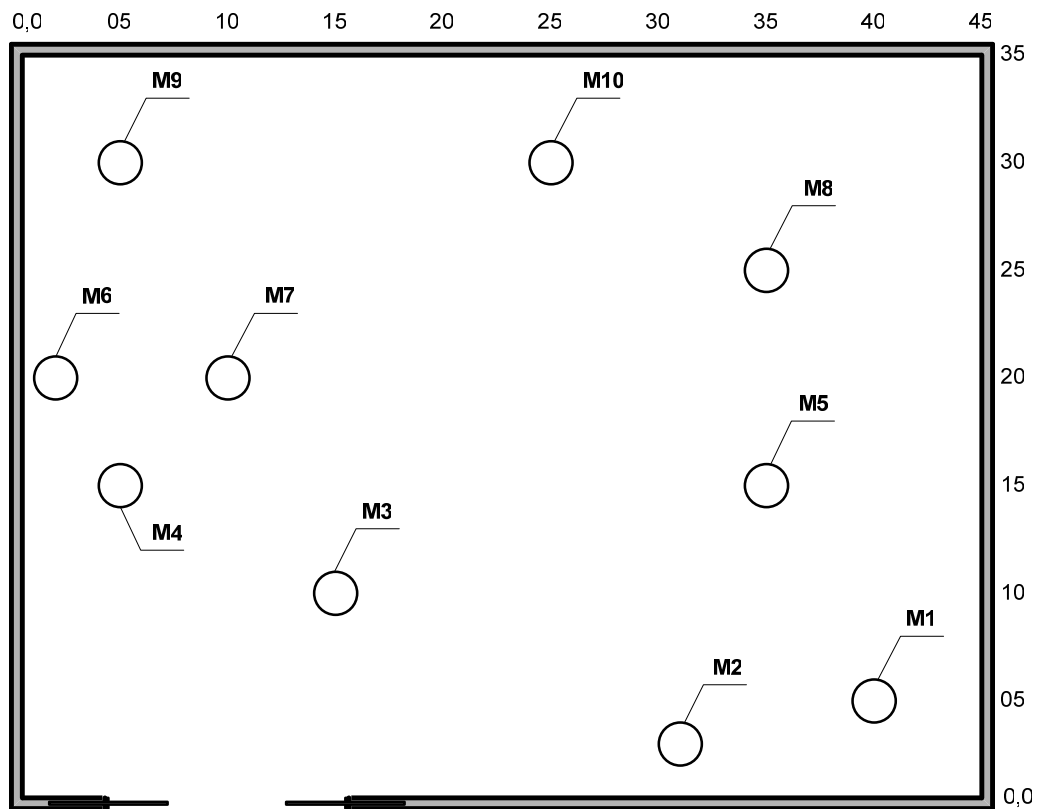


Figura 6 – Planta baixa e lay-out das máquinas

(b) Dados do sistema a ser projetado

- (1) Pa: Potência de iluminações, tomadas simples e aparelhos de aquecimento – 30 kW;
- (2) M1: Motor de indução monofásico, 3 cv, 127/220 V;
- (3) M2: Motor de indução trifásico, 10 cv, 220/380 V;
- (4) M3: Motor de indução trifásico, 10 cv, 220/380 V;
- (5) M4: Motor de indução trifásico, 15 cv, 220/380 V;
- (6) M5: Motor de indução trifásico, 12,5 cv, 220/380 V;
- (7) M6: Motor de indução trifásico, 50 cv, 220/380 V;

- (8) M7: Motor de indução trifásico, 30 cv, 220/380 V;
- (9) M8: Motor de indução trifásico, 40 cv, 220/380 V;
- (10) M9: Motor de indução trifásico, 20 cv, 220/380 V;
- (11) M10: Motor de indução monofásico, 7,5 cv, 220/380 V.

(12) Todos os motores possuem placa de identificação

- Regime: S1
- CAT: N
- Isol CL: B
- IP: 54
- Hz: 60

(13) Temperatura ambiente média:  $T_a = 40^\circ\text{C}$

(14) Altitude: menos que 1000 m

(15) Sistema de alimentação: Concessionária local

- (a) Há disponibilidade de energia na região;
- (b) Existe um alimentador passando em frente ao sistema elétrico a ser projetado;
- (c) Tipo do alimentador – radial simples;
- (d) É um alimentador somente para consumidores industriais;
- (e) Freqüência - 60 Hz;
- (f) Tensão nominal na alta tensão – 13,8 kV
- (g) Ambiente no local de instalação dos motores e quadro – Normal (pouca poeira e umidade)
- (h) Não há necessidade de sistema de emergência (grupo gerador, banco de baterias, etc.).

(16) Seqüência de funcionamento

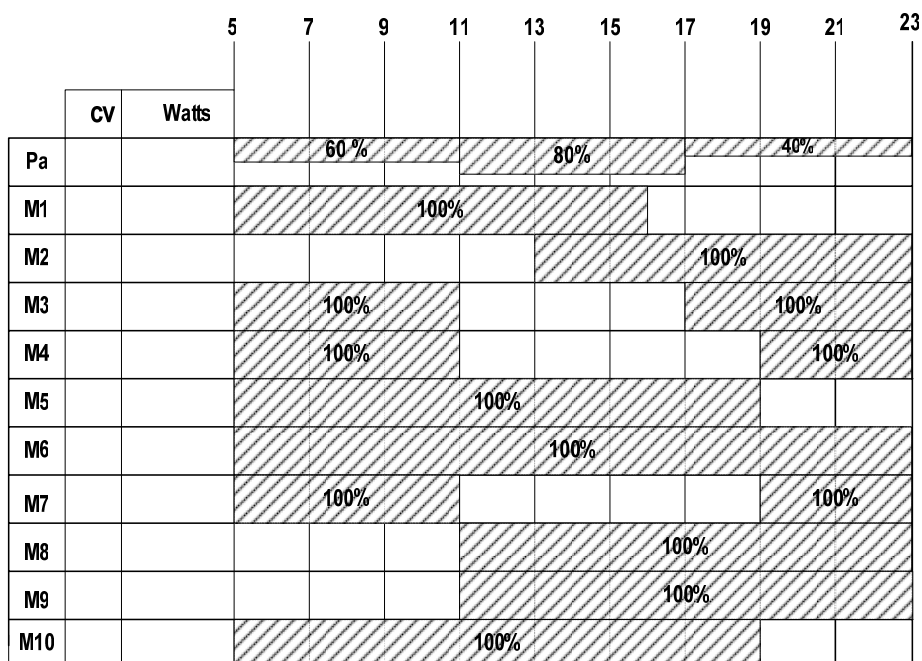


Figura 7 – Seqüência de funcionamento

## 5 – Cálculo da demanda

### 5.1 - Motores

$$D_m = \frac{P_m (cv) \times 0,736}{F_p \times \eta} \times F_u \times F_s \times N$$

$D_m$  – demanda dos motores, em kVA

$P_m$  – potência nominal, em cv

$F_u$  – fator de utilização

$F_p$  – fator de potência

$F_s$  – fator de simultaneidade

$\eta$  - rendimento

$N$  – quantidade de motores de mesma potência

#### (a) Fator de simultaneidade

É a relação entre a demanda máxima do grupo de aparelhos e a soma das demandas individuais dos aparelhos do mesmo grupo, num intervalo de tempo

considerado. O fator de simultaneidade é sempre inferior que a unidade. A Tabela 1 fornece os fatores de simultaneidade para diferentes potências de motores em agrupamento e outros aparelhos.

(b) Fator de utilização

É o fator pelo qual deve ser multiplicada a potência nominal do aparelho para se obter a potência média absorvida pelo mesmo, nas condições de utilização. A Tabela 2 fornece os fatores de utilização dos principais equipamentos utilizados na instalações elétricas industriais.

Tabela 1 – Fatores de simultaneidade

Aparelhos (cv)	Número de aparelhos							
	2	4	5	8	10	15	20	50
Motores: $\frac{3}{4}$ a 2,5	0,85	0,80	0,75	0,70	0,60	0,55	0,50	0,40
Motores: 3 a 14	0,80	0,80	0,75	0,75	0,70	0,65	0,55	0,45
Motores; 20 a 40	0,80	0,80	0,80	0,75	0,65	0,60	0,60	0,50
Acima de 40	0,90	0,90	0,70	0,70	0,65	0,65	0,65	0,60
Retificadores	0,90	0,90	0,85	0,80	0,75	0,70	0,70	0,70
Soldadores	0,45	0,45	0,45	0,40	0,40	0,30	0,30	0,30
Fornos Resistivos	1,00	1,00	-	-	-	-	-	-
Fornos de indução	1,00	1,00	-	-	-	-	-	-

Tabela 2 – Fatores de utilização

Motores: $\frac{3}{4}$ a 2,5	0,70
Motores: 3 a 14	0,83
Motores; 20 a 40	0,85
Acima de 40	0,87
Retificadores	1,00
Soldadores	1,00
Fornos Resistivos	1,00
Fornos de indução	1,00

### (c) Rendimento

É a relação entre a potência fornecida ao eixo e a potência elétrica de entrada, ou seja, (Veja Tabela 3),

$$\eta = \frac{P_{util}}{P_{total}} = \frac{P_{mecanica}}{P_{eletrica}}$$

### (d) Fator de potência

Relação entre a potência ativa e a potência aparente do motor. Veja Tabela 3.

Tabela 3.1 - Motores Monofásicos –rendimento e fator de potência

VALORES NOMINAIS DOS MOTORES				
POTÊNCIA		FP	$\eta$	CORRENTE (A) (220 V)
NO EIXO (CV)	ABSORVIDA DA REDE (KW)			
1/4	0,39	0,63	0,47	2,8
1/3	0,52	0,71	0,47	3,3
1/2	0,66	0,72	0,56	4,2
3/4	0,89	0,72	0,62	5,6
1,0	1,10	0,74	0,67	6,8
1,5	1,58	0,82	0,70	8,8
2,0	2,07	0,85	0,71	11
3,0	3,07	0,96	0,72	15
4,0	3,98	0,96	0,74	19
5,0	4,91	0,94	0,75	24
7,5	7,46	0,94	0,74	36
10,0	9,44	0,94	0,78	46
12,5	12,10	0,93	0,76	59

## 5.2 – Iluminação e tomadas em geral

Primeiros 20 kW: 100%

Acima de 20 kW: 70%

Obs.: A utilização do procedimento acima é válida quando não conhecemos a seqüência de funcionamento do sistema. Neste projeto, entretanto, conhecemos a seqüência de funcionamento dos equipamentos e da iluminação da indústria, como ilustrado na Figura 7. Portanto, calcularemos a demanda de acordo com essa seqüência.

Tabela 3.2 – Motores elétricos trifásicos: rendimento e fator de potência

Potência		KOHLBACH-SIEMENS							
		II Polos		IV Polos		VI Polos		VIII Polos	
CV	kW	$\eta$	$\text{Cos } \phi$	$\eta$	$\text{Cos } \phi$	$\eta$	$\text{Cos } \phi$	$\eta$	$\text{Cos } \phi$
1,0	0,75	80,1	0,81	82,7	0,68	80,0	0,63	70,0	0,60
1,5	1,10	82,5	0,87	81,5	0,68	77,0	0,68	77,0	0,60
2,0	1,50	84,0	0,84	84,2	0,76	83,0	0,65	82,5	0,61
3,0	2,20	85,1	0,86	85,1	0,79	83,0	0,69	84,0	0,61
4,0	3,00	85,1	0,92	86,0	0,79	85,0	0,71	84,5	0,62
5,0	3,70	87,6	0,85	87,5	0,78	87,5	0,73	85,5	0,62
6,0	4,50	88,0	0,90	88,5	0,81	87,5	0,75	85,5	0,62
7,5	5,50	88,8	0,85	89,5	0,81	88,0	0,71	85,5	0,62
10,0	7,50	89,5	0,85	90,0	0,83	88,5	0,74	88,5	0,66
12,5	9,00	89,5	0,90	90,0	0,82	88,5	0,76	88,5	0,74
15,0	11,00	90,2	0,88	91,0	0,82	90,2	0,77	88,5	0,74
20,0	15,00	90,2	0,85	91,0	0,87	90,2	0,79	89,5	0,81
25,0	18,50	91,0	0,88	92,4	0,89	91,7	0,82	89,5	0,76
30,0	22,00	91,0	0,90	92,4	0,85	91,7	0,81	91,0	0,73
50,0	37,00	91,7	0,92	93,0	0,88	93,0	0,78	91,0	0,75
60,0	45,00	92,4	0,92	93,0	0,90	93,0	0,80	91,7	0,77
75,0	55,00	93,0	0,94	93,6	0,89	93,6	0,86	91,7	0,78
100,0	75,00	93,0	0,94	94,1	0,90	93,6	0,87	93,0	0,78
125,0	90,00	93,6	0,94	94,5	0,90	94,1	0,87	93,0	0,80
150,0	110,00	94,5	0,90	94,5	0,90	94,1	0,86	93,6	0,82
175,0	130,00	94,7	0,90	95,0	0,86	95,0	0,85	-	-
200,0	150,00	95,0	0,90	95,0	0,86	95,0	0,85	-	-
250,0	185,00	95,4	0,91	95,0	0,87	-	-	-	-

### 5.3 – Determinação do horário de ponta da indústria

(a) primeiro horário de ponta: 05:00 às 11:00 hs

(b) segundo horário de ponta: 11:00 às 19:00 Hs

(c) terceiro horário de ponta: 19:00 às 23:00 Hs

(d) Triângulo das potências - Cálculo da demanda provável da indústria

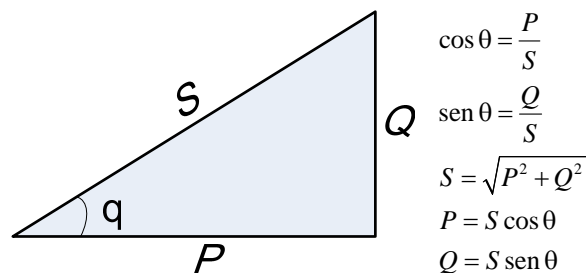


Figura 8 – Triângulo das Potências

**P** → Potência ativa (kW)

**Q** → Potência reativa (kVAR)

**S** → Potência aparente (kVA)

**θ** → ângulo do fator de potência

Obs.:

- (a) Para iluminação e aquecimento: FP = 1
- (b) Para instalação de motores: FP = 0,92 (valor mínimo)
- (c) Cálculo da demanda levando em consideração o horário de ponta da indústria e escolha do transformador.

#### 5.4 – Dimensionamento do ramal de ligação aéreo

Tabela 4 – Dimensionamento do ramal de ligação de entrada aérea

Demanda provável (kVA)	Cabo de alumínio nu (CA ou CAA – AWG)	Cobre (mm <sup>2</sup> )
2000	4	16
2500	2	25

#### 5.5 – Dimensionamento do ramal de entrada subterrâneo

Tabela 5 – Dimensionamento do ramal de entrada subterrâneo

Demanda provável (kVA)	Cobre (mm <sup>2</sup> )	Eletroduto (diâmetro interno mínimo)	
		mm	polegada
2000	25	80	3"
2500	35	80	3"

## 5.6 – Elos Fusíveis para proteção de transformadores

Tabela 6 – Elos fusíveis para proteção de transformadores

Potência do transformador (kVA)	13,8kV	
	ELO	CHAVE (A)
15	0,5H	100
30	1H	100
45	2H	100
75	3H	100
112,5	5H	100
150	5H	100
225	10H	100

## 6 – Critérios para dimensionamento da seção mínima do condutor fase

A seção mínima dos condutores elétricos deve satisfazer, simultaneamente, aos três critérios seguintes:

- (i) seção mínima;
- (ii) capacidade de condução de corrente;
- (iii) limite de queda de tensão;
- (iv) sobrecarga
- (v) capacidade de condução da corrente de curto-circuito por tempo ilimitado;
- (vi) contatos indiretos;

Durante a elaboração de um projeto, os condutores são inicialmente dimensionados pelos três primeiros critérios. Assim, quando o dimensionamento das proteções é baseado, entre outros parâmetros, nas intensidades das correntes de falta, é necessário confrontarmos valores destas e os respectivos tempos de duração com os valores máximos admitidos pelo isolamento dos condutores utilizados, cujos gráficos estão mostrados na Figuras 9 e 10, respectivamente para isolações de PVC 70°C e XLPE 90°C.



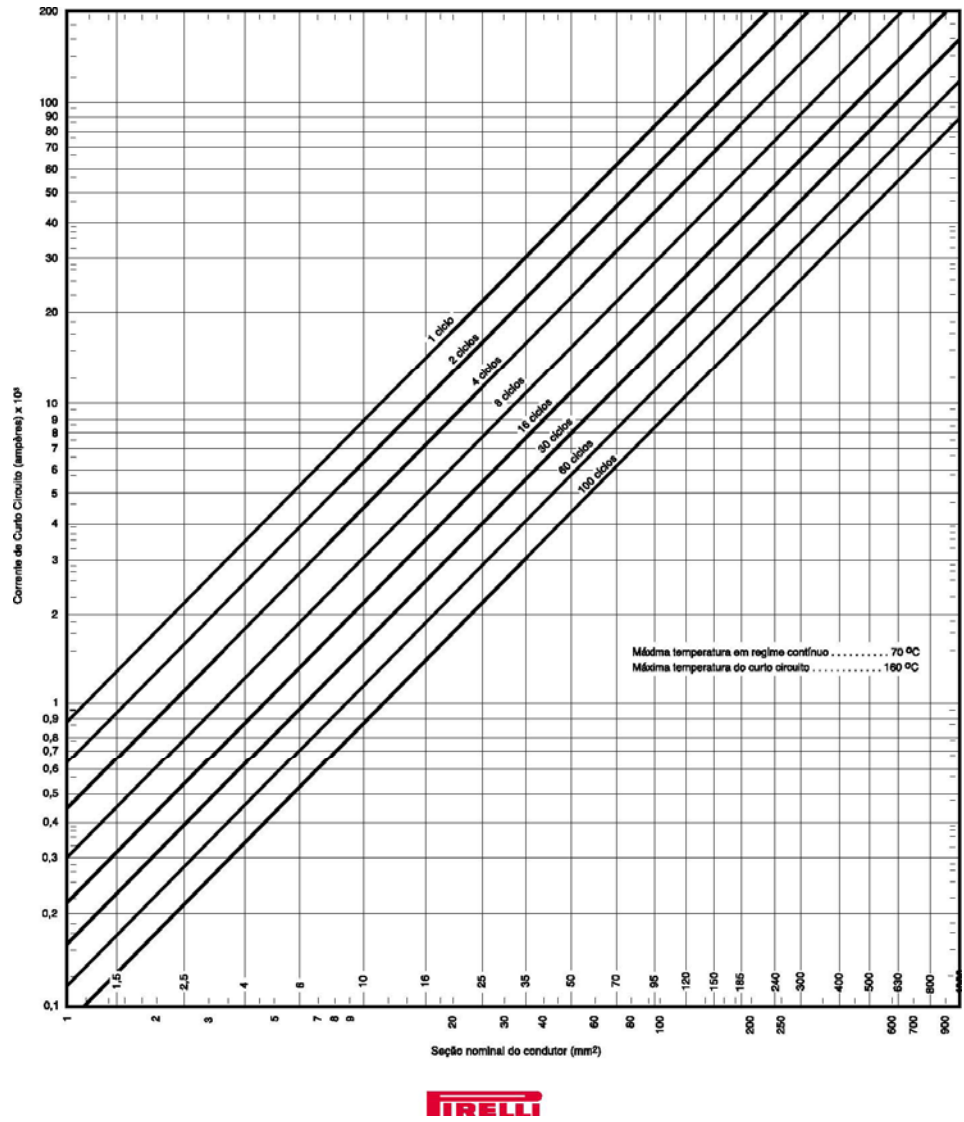


Figura 9 – Corrente máxima de curto circuito para fios e cabos isolados com PVC

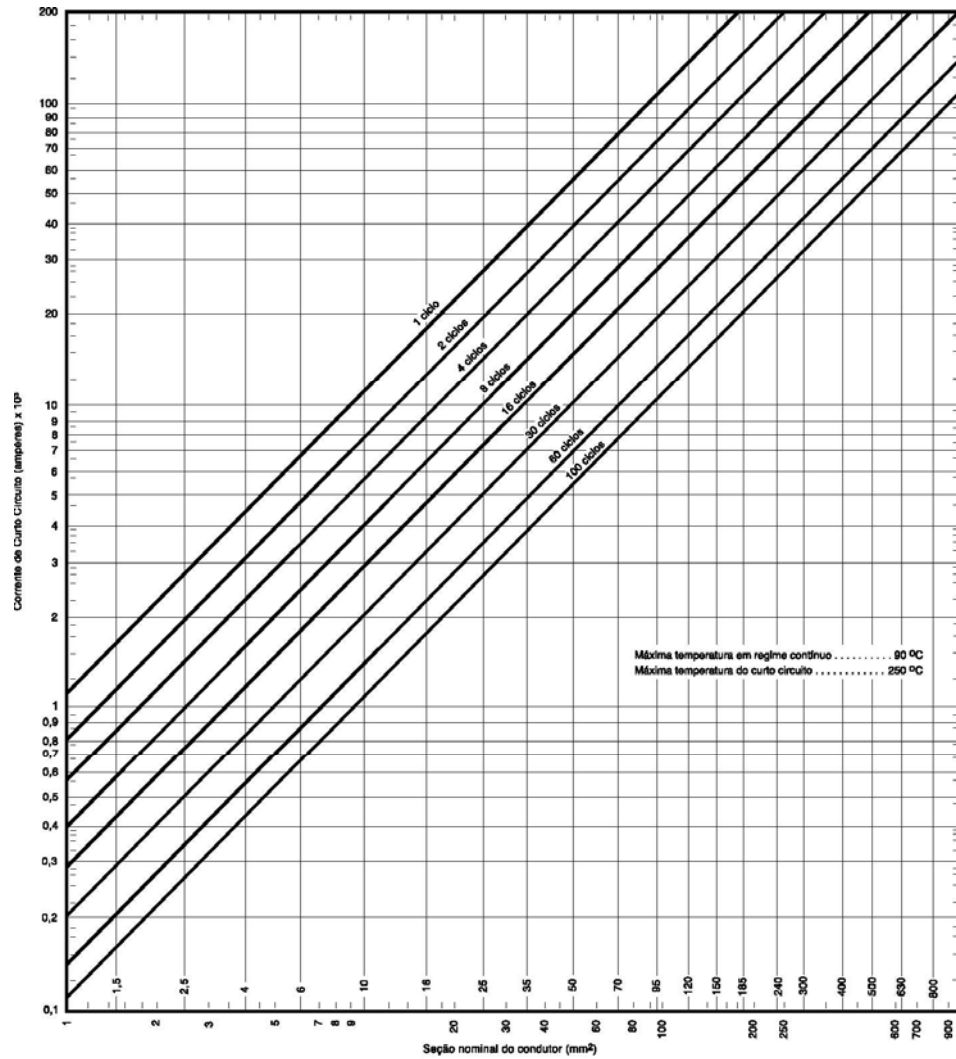


Figura 10 – Corrente máxima de curto circuito para fios e cabos isolados com XLPE

## 6.1 – Critério da capacidade de condução

(a) Cálculo da corrente nominal

(i) circuito trifásico:  $I_n = \frac{S}{\sqrt{3} \times U}$ , onde  $U$  é a tensão entre fase-fase

(ii) Circuito monofásico:  $I_n = \frac{S}{U}$ , onde  $U$  é a tensão entre fase-neutro ou fase-fase

$S$  - Potência aparente

$I_n$  - Corrente nominal

(b) Corrente admissível

$$I_{ADM} = \frac{I_n}{FCT \times FCA}$$

$FCT$  → Fator de correção de temperatura (ver Tabela 7)

$FCA$  → Fator de correção de agrupamento

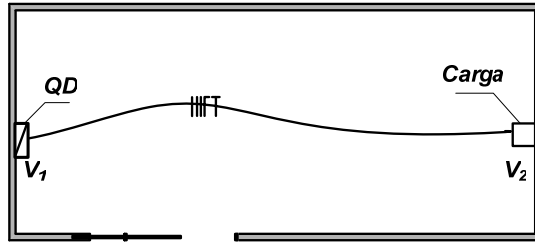
$I_{ADM}$  = Corrente admissível

Tabela 7 – Fatores de correção de temperatura ambientes diferentes de 30°C para linhas não-subterrâneas e de 20°C (temperatura do solo) para linhas subterrâneas.

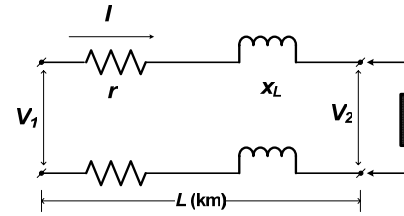
Temperatura (°C)	Isolação			
	Ambiente		Solo	
	PVC	XLPE / EPR	PVC	XLPE / EPR
10	1,22	1,15	1,10	1,07
15	1,17	1,12	1,05	1,04
25	1,12	1,08	0,95	0,96
30	1,06	1,04	0,89	0,93
35	0,94	0,96	0,84	0,89
40	0,87	0,91	0,77	0,85
45	0,79	0,87	0,71	0,80
50	0,71	0,82	0,63	0,76
55	0,61	0,76	0,55	0,71
60	0,50	0,71	0,45	0,65
65	-	0,65	-	0,60
70	-	0,58	-	0,53
75	-	0,50	-	0,46
80	-	0,41	-	0,38

## 6.2 – Critério da queda de tensão

(a) Circuito monofásico equivalente de corrente alternada para cargas trifásicas equilibradas



(a) Diagrama esquemático



(b) Circuito elétrico monofásico equivalente

Figura 9 – (a) Diagrama unifilar do circuito; (b) circuito elétrico monofásico equivalente.

Para dimensionar as seções dos condutores pela máxima queda de tensão utilizamos o circuito elétrico equivalente e temos que levar em consideração as quedas de tensões nas resistências e reatâncias indutivas dos fios e cabos. Os diversos valores de queda de tensão, para diferentes seções transversais e nos mais diversos arranjos, encontram-se nas tabelas dos fabricantes.

Quando estes valores não são encontrados, podemos calculá-las utilizando a fórmula abaixo. Os valores da resistência e da reatância estão tabelados na Tabela 8.

(a) Para circuito monofásico:

$$\Delta V\% = \frac{\Delta V_{12}}{V} \times 100 = \frac{2LI(r \cos \theta + x_L \operatorname{sen} \theta)}{V} \times 100$$

(b) para circuito trifásico:

$$\Delta V\% = \frac{\Delta V_{12}}{V} \times 100 = \frac{\sqrt{3}LI(r \cos \theta + x_L \operatorname{sen} \theta)}{V} \times 100$$

$L$  → Comprimento do circuito (km)

$r$  → Resistência do fio por unidade comprimento ( $\Omega/\text{km}$ )

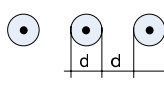


$x_L$  → Reatância indutiva do fio por unidade de comprimento ( $\Omega/\text{km}$ )

$\theta$  → Ângulo do fator de potência da carga

$I$  → Corrente monofásica equivalente

$V$  → Tensão entre fase e neutro

Tabela 8 - Dados característicos para condutores isolados com cobertura em baixa tensão 1 kV. Valores de  $r$  e  $x_L$  por unidade de comprimento para condutores de PVC -70 em três disposições mais utilizadas

Seção nominal (mm <sup>2</sup> )	$r$ (Ω/km)	$x_L$ (Ω/km)			Diâmetro externo (mm)
			Disposição trifólio 	Cabo tripolar 	
1,5	14,477	0,2322	0,1626	0,124	3,15
2,5	8,866	0,2206	0,1509	0,115	3,60
4	5,516	0,2171	0,1474	0,114	4,50
6	3,685	0,2081	0,1385	0,108	5,10
10	2,189	0,1945	0,1249	0,103	5,75
16	1,376	0,1839	0,1153	0,098	6,75
25	0,870	0,1837	0,1141	0,097	8,35
35	0,627	0,1783	0,1087	0,093	9,40
50	0,463	0,1756	0,1081	0,093	10,85
70	0,321	0,1727	0,1031	0,090	12,50
95	0,231	0,1713	0,1017	0,090	14,65
120	0,184	0,1695	0,09989	0,088	16,23
150	0,149	0,1695	0,09996	0,088	18,17
185	0,120	0,1690	0,09944	0,087	20,18
240	0,0922	0,1652	0,09562	0,086	22,82
300	0,0744	0,1645	0,09486	0,086	25,40
400	0,0593	0,1634	0,09383	-	28,30
500	0,0477	0,1625	0,09289	-	31,80
630	0,0338	0,1615	0,09100	-	35,40

## 7 – Condutos elétricos

Num sistema elétrico existem diversas maneiras de se transportar os condutores elétricos. Estas canalizações são destinadas a conter exclusivamente condutores elétricos denominamos de *conduto elétrico*.

## 7.1 – Tipos de conduto elétricos

### (a) Eletrodutos

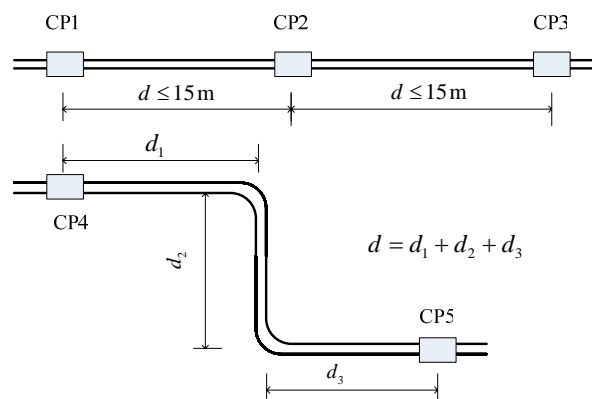
Tubos destinados à construção de condutos elétricos. Normalmente são utilizados eletrodutos de PVC ou ferro esmaltado ou galvanizado.

Os eletrodutos de ferro são geralmente utilizados em instalações aparentes ou embutidos, quando há necessidade de uma proteção mecânica.

A NBR 5410 estabelece que:

- (i) Dentro dos eletrodutos só devem ser instalados fios e cabos, não sendo permitida a utilização de condutores à prova de tempo e cordões flexíveis;
- (ii) O diâmetro externo do duto deve ser igual ou superior a 17 mm;
- (iii) Não haja trecho contínuo (sem interrupções de caixas) retilíneos de eletroduto maiores que 15 m;
- (iv) Nos trechos com curvas, este espaçamento deve ser reduzido de 3 m para cada curva de 90°.

Exemplificando:



- (v) Dimensionamento dos eletrodutos

A taxa de ocupação máxima dos eletrodutos é em média 40% da sua área útil. A ocupação máxima do eletroduto pode ser calculada conhecendo-se a área útil do eletroduto,  $A_E$ , e a área ocupada por cada condutor,  $A_{c_j}$ . No caso (mais freqüente) de eletroduto circular  $A_E$  é dada por

$$A_E = \frac{\pi(d_e - 2e)^2}{4}$$

$d_e \rightarrow$  diâmetro externo do eletroduto

$e \rightarrow$  espessura do eletroduto

A área de cada condutor,  $A_{cj}$ , é dada por:

$$A_{cj} = \frac{\pi d_j^2}{4}$$

Onde  $d_j$  é o diâmetro do condutor genérico qualquer. Além disso, devemos ter:

$$\sum A_{cj} \leq kA_E$$

Onde  $k$  é um fator que segue a tabela abaixo

1 condutor	0,53
2 condutores	0,31
3 ou mais condutores	0,40

Exemplificando: Seja um circuito composto por 2 condutores de 2,5 mm<sup>2</sup>, 2 condutores de 4 mm<sup>2</sup>, 2 condutores de 6 mm<sup>2</sup> e um condutor de proteção de 6 mm<sup>2</sup>.

Condutor (mm <sup>2</sup> )	Área de 1 condutor + isolante (mm <sup>2</sup> )
2,5	10,8
4,0	13,9
6,0	18,1

A área total ocupada pelos condutores será:

$$\sum A_{cj} = 2 \times 10,8 + 2 \times 13,9 + 3 \times 18,1 = 103,7 \text{ mm}^2$$

O diâmetro interno do eletroduto será:

$$d_i \geq \sqrt{\frac{4 \times \sum A_{cj}}{k \times \pi}}$$

Assim, temos:  $d_i \geq \sqrt{\frac{4 \times 103,7}{0,4 \times \pi}} = 18,1 \text{ mm}$ . Pela tabela IEC, nos remete a um eletroduto de tamanho nominal de 25 mm.

## (b) Canaletas

A NBR 5410 estabelece que em canaletas só devem ser utilizados cabos unipolares ou cabos multipolares. Os condutores isolados podem ser utilizados, desde que contidos em eletrodutos. Nas instalações em canaletas devem evitar a penetração de líquidos. Quando não for possível, os cabos devem ser instalados no interior de eletrodutos estanques. As canaletas, na maioria das vezes, são construídas em alvenaria. Neste caso, devem aproveitar as dimensões padronizadas do tijolo para construí-las, mesmo que isso resulte numa canaleta com seção superior ao mínimo calculado.

Os cabos instalados em canaletas devem, de preferência, ser dispostos em uma só camada. Também podem ser instalados em prateleiras dispostas em diferentes níveis. Os cabos devem ocupar, no máxima, 30% da área útil da canaleta.

Exemplificando: 21 cabos de 120 mm<sup>2</sup>, isolamento XLPE. Da Tabela temos que o diâmetro externo do cabo é de 19,2 mm.

$$S_{\text{canaleta}} = \frac{N_{\text{cond}} \pi D_{\text{ext\_cont}}^2}{4} \times \frac{1}{0,3}$$

$S_{\text{canaleta}}$  → área da canaleta

$N_{\text{cond}}$  → número de condutores

$D_{\text{ext\_cond}}$  → diâmetro externo do condutor

Substituindo os valores na equação, temos:

$$S_{\text{canaleta}} = \frac{21 \times \pi \times 19,2^2}{4} \times \frac{1}{0,3} = 20267 \text{ mm}^2$$

Portanto, as dimensões da canaleta são: 200 x 105 mm, ou seja 21000 mm<sup>2</sup>.

## 8 - Motor Elétrico

É uma máquina que transforma energia elétrica em energia mecânica. Há vários tipos, mas devido a simplicidade de construção, custo e manutenção e atender



praticamente a qualquer tipo de carga, utiliza-se os motores trifásicos de indução ou assíncronos, na sua grande maioria. O motor de indução ou assíncrono opera normalmente a uma velocidade constante, variando ligeiramente com a aplicação de carga mecânica no eixo. Antes de procedermos a uma caracterização dos motores, faremos algumas considerações sobre as rotações dos mesmos. Sabe-se que o número de rotações nos motores de corrente alternada e a formação de campo girante dependem:

- (a) Da frequência,  $f$ , do sistema que fornece energia elétrica. No Brasil, a legislação pertinente estabeleceu a frequência de 60 Hz;
- (b) Do número de pólos,  $p$ , do motor. A rotação síncrona de um motor em rpm é o número de rotações com que, para cada número de pólos e da frequência, ele é suscetível de girar. Assim a rotação síncrona,  $n$ , do motor é dada por:

$$n = \frac{120f}{p}$$

onde  $f$  é a frequência do sistema e  $p$  é o número de pólos do motor.

Nos motores de indução ou assíncronos, ocorre um deslizamento ou defasagem ou escorregamento em relação à rotação síncrona, daí o seu nome, de modo que, as rotações dos motores, dadas pela fórmula acima, passam a serem menores. O escorregamento,  $s$ , é expresso por:

$$s = \frac{n_{\text{síncrona}} - n_{\text{do motor}}}{n_{\text{síncrona}}}$$

Nos motores assíncronos a corrente que circula no motor é induzida pelo movimento relativo entre os condutores do rotor e campo girante, produzido pela variação da corrente no indutor fixo. São duas as partes essenciais do motor de indução: o indutor fixo (**estator**) e o **rotor** ou induzido. O **estator** consta de um enrolamento alojado em ranhuras existente na periferia do núcleo de ferro laminado (carcaça). A passagem da corrente trifásica vinda da rede gera um campo magnético que gira com velocidade síncrona (campo girante). O **rotor** ou induzido é composto de um núcleo ou tambor de ferro laminado, dotado de ranhuras onde se alojam os fios ou barras de cobre.

A corrente no estator gera um campo girante no interior da qual se acha o rotor. Os condutores do rotor são cortados pelo fluxo magnético do campo girante

e neles são induzidas forças eletromotrizes as quais dão origem as corrente elétrica. Estas correntes, por sua vez, reagem sobre o campo girante, produzindo um conjugado motor que faz o rotor girar no mesmo sentido que o campo. É importante ressaltar que a velocidade do rotor nunca pode se tornar igual à velocidade do campo girante, isto é, a velocidade síncrona, pois, se esta fosse atingida, não se produziria correntes induzidas no rotor.

A **National Electrical Manufacturing Association (NEMA)** classifica os motores em classes, de A a F.

Em termos gerais deveremos conhecer as características mais importantes do *sistema de alimentação* e da *carga a ser acionada*, tais como:

- a) Característica da rede de alimentação:
  - Frequência – 60Hz
  - Tensões – 127/220/380/440 Volts
- b) Características dos motores
  - Condições usuais de serviço;
  - Condições especiais de serviço;
  - Placa de identificação;
  - Informativos técnicos do fabricante;
- c) Características da carga a ser acionada
  - Potência no eixo (CV) e altitude (m);
  - Rotação (rpm) e temperatura ambiente (°C);
  - Regime de funcionamento (contínuo, intermitente ou de curta duração)
  - Local da instalação do motor (abrigado, ao tempo, submerso, poeira, umidade, inflamáveis, entre outros fatores).
  - Na energização - situação de carga presente (presente, ausente ou parcialmente).

## 8.1 - Placa de identificação do motor

Quando um fabricante projeta um motor, ele tem que partir de certos valores adotados para:

- a) Características da rede de alimentação;
- b) Características da carga a ser acionada;
- c) Condições em que o motor vai funcionar.

O conjunto desses valores constitui as “**características nominais do motor**”.

O fabricante comunica estas informações ao cliente são através de:

- a) Informações padronizadas por norma, que não precisam ser declaradas na placa de identificação, estão as condições sob as quais o motor de fabricação normal foi construído para funcionar, ou seja, as condições usuais de serviço, tais como:
  - Meio refrigerante: na maioria dos casos é o ar do meio ambiente;
  - Temperatura ambiente não superior a 40°C;
  - Localização à sombra;
  - Altitude não superior à 100m acima do nível do mar;
- b) Informativos técnicos de motores;
- c) Condições especiais de serviço: Tudo que não se enquadra nas condições usuais de serviço será considerado como condições especiais de serviço. As mais comuns são:
  - Ambiente contendo elementos prejudiciais ao motor, tais como: fumaça umidade excessiva, poeiras condutoras, vapor d’água, ar salgado ou ambiente corrosivo;
  - Funcionamento em locais perigosos, locais contendo poeiras, gases ou vapores inflamáveis ou corrosivos;
  - Funcionamento em lugar pouco ventilado;
  - Exposições à temperatura constantemente inferior à 10°C, os mancais podem necessitar de lubrificantes especiais;
  - Exposições à temperatura superior à 40°C, os enrolamentos podem atingir temperaturas prejudiciais a **isolação**. Este fato pode ser compensado por

um projeto especial do motor, ou pela redução da potência nominal do motor, conforme a tabela abaixo:

Temperatura Ambiente	Carga Admissível	Temperatura Ambiente	Carga admissível
40°C	100%	55°C	83%
45°C	95%	60°C	67%
50°C	89%	70°C	64%

A seguir iremos identificar todas as informações contidas na placa de identificação do motor necessárias para a elaboração de um projeto industrial.

1. Número de Modelo - **MOD**:

É a referência do fabricante para registro das características nominais do motor e seus detalhes construtivos;

2. Potência Nominal – **CV**:

É a potência que o motor pode fornecer no eixo em regime contínuo, sem que os limites de temperatura dos enrolamentos sejam excedidos aos valores máximos permitidos por norma nas condições usuais de serviço;

3. Tensão Nominal – **V**:

É a tensão da rede para o qual o motor foi projetado. As tensões mais utilizadas são 220, 380 ou 440V;

4. Freqüência Nominal – **Hz**:

É a freqüência da rede para o qual o motor foi projetado. Por norma, o motor deve funcionar satisfatoriamente quando alimentado com tensão nominal e houver uma variação de 5% na freqüência;

5. Corrente Nominal – **A**:

É a corrente que o motor solicita da rede de alimentação, trabalhando à potência nominal sob tensão e freqüência nominais. A corrente nominal é calculada pela equação abaixo:

$$I_N = \frac{P(CV)*736}{\sqrt{3}*U_N*\cos\phi*\eta}$$

6. Velocidade Nominal – **rpm**:

É a velocidade do motor, funcionando à potência nominal sob tensão e frequência nominais.

7. Fator de Serviço – **FS**:

É um número que pode ser multiplicado pela potência nominal do motor a fim de se obter a carga permissível que o mesmo pode acionar em regime contínuo, dentro de condições estabelecidas por norma;

8. Regime de Funcionamento - **REG**:

Indica a forma de utilização do motor no acionamento de uma carga.

- a) **regime contínuo (S1)**: Os motores em geral, são projetados para trabalhar regularmente com carga constante, por tempo indeterminado, desenvolvendo potência nominal,
- b) **regime S2**: Regime de tempo limitado
- c) **regime S3**: Regime intermitente periódico

9. Classe de Isolamento – **ISOL CL**:

Indicada por norma como a máxima temperatura que o material isolante pode suportar continuamente, sem que seja afetada sua vida útil. A vida útil de um motor está ligada diretamente ao aquecimento das bobinas do enrolamento. O aquecimento, fator principal da redução da vida útil do motor, provoca o envelhecimento gradual e generalizado do isolamento até o limite da tensão a que está submetido, quando o motor ficará sujeito a um curto-circuito interno de conseqüências desastrosas. São as seguintes as classes de isolamento empregadas em máquinas elétricas:

Classe	Limite de Temperatura	Classe	Limite de Temperatura
A	105°C	F	155°C
E	120°C	H	180°C
B	130°C		

10. Categoria – **CAT**:

Todo motor dimensionado para acionar adequadamente uma determinada carga acoplada ao seu eixo necessita durante a partida, em cada instante, o conjugado

motor superior ao conjugado resistente da carga. A Curva do conjugado motor deve guardar uma distância da curva do conjugado resistente, durante o tempo de aceleração do conjunto (motor/carga) até que o motor adquira a velocidade de regime. Este intervalo de tempo é especificado pelo fabricante, acima do qual o motor deve sofrer sobreaquecimento, podendo danificar a isolação dos enrolamentos. Conforme as suas características de conjugado em relação a velocidade, os motores de indução trifásicos são classificados em **categorias**, definidas em norma.

#### 11. Grau de Proteção – **IP**:

Os invólucros dos equipamentos elétricos, conforme as características do local em que serão instalados e de sua acessibilidade devem oferecer um determinado grau de proteção. O grau de proteção reflete na proteção do motor quanto a entrada de corpos estranhos e penetração de água pelos orifícios destinados à entrada e saída do ar refrigerante. A norma define o grau de proteção dos equipamentos elétricos por meio das letras características **IP** seguidas por dois algarismos. O primeiro algarismo indica o grau de proteção quanto a penetração de corpos sólido e contatos acidentais enquanto que, o segundo algarismo indica o grau de proteção contra penetração de água no interior do motor.

##### Primeiro Algarismo

0	Sem proteção
1	Corpos estranhos a partir de 50mm
2	Corpos estranhos a partir de 12mm
3	Corpos estranhos a partir de 2,5mm
4	Corpos estranhos a partir de 1,0mm
5	Proteção contra acúmulo de poeira
6	Proteção penetração de poeira

##### Segundo Algarismo

0	Sem proteção
1	Pingos d'água na vertical
2	Pingos d'água até a inclinação de 15° com a vertical
3	Água de chuva até a inclinação de 60° com a vertical
4	Respingos em todas as direções
5	Jatos d'água em todas as direções
6	Imersão temporária

#### 12. Código de Partida – **COD**:

É um número que indica a relação entre a corrente de partida e a corrente nominal, ou seja,

$$\text{Constante de partida} \Rightarrow X = \frac{I_p}{I_N}$$

A letra-código é convencionada conforme os valores da relação entre a potência aparente (kVA) demandada à rede e a potência em CV, com o rotor bloqueado (locked rotor), isto é, de acordo com o valor kVA/CV. Naturalmente o motor não opera nestas condições, porém, no instante de partida, ele não está girando, de modo que esta condição pode ser considerada válida até que o rotor comece a girar. A tabela abaixo indica a letra código

Letra-código	X
A	0,00 – 3,14
B	3,15 – 3,54
C	3,55 – 3,99
D	4,00 – 4,49
E	4,50 – 4,99
F	5,00 – 5,59
G	5,60 – 6,29
H	6,30 – 7,09
J	7,10 – 7,99
K	8,00 – 8,99
L	9,00 – 9,99
M	10,00 – 11,19
N	11,20 – 12,49
P	12,50 – 13,99
R	14,00 e maiores

A corrente nominal e de partida de um motor e dadas por:

$$I_N = \frac{P_{CV} \times 736}{\sqrt{3} \times U \times \cos \varphi \times \eta}$$

$$I_p = \frac{X \times P_{CV} \times 1000}{\sqrt{3} \times U}$$

onde  $I_N$  é a corrente nominal e  $I_p$  é a corrente de partida do motor.