

Definição da Demanda no método tradicional

Fatores de Projeto Elétrico

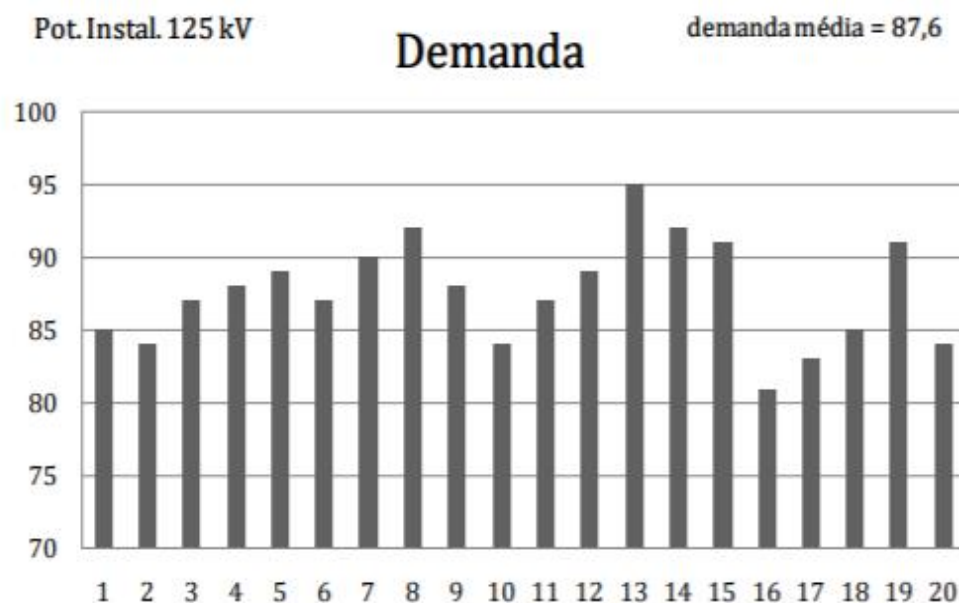
- Para a realizar um projeto Elétrico Industrial, é necessário a aplicação de alguns fatores de projeto. São eles:

- 1) Fator de Demanda
- 2) Fator de Carga
- 3) Fator de Perda
- 4) Fator de simultaneidade
- 5) Fator de Utilização

1) Fator de Demanda (Fd)

É a relação entre a demanda máxima (D.máx.) do sistema e a carga total conectada (P.inst.) (potência Instalada).

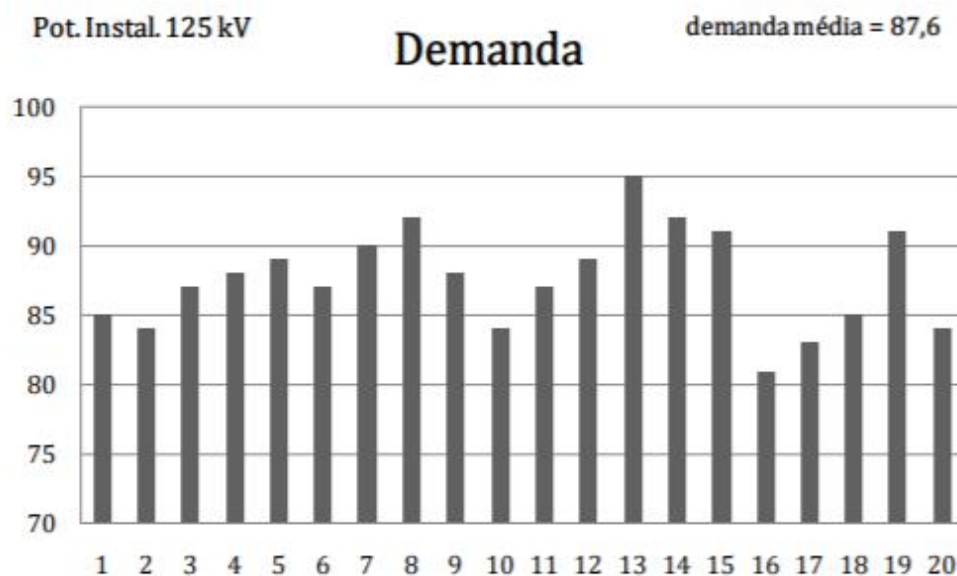
$$Fd = \frac{D_{máx.}}{P_{inst.}}$$



2) Fator de Carga(Fc)

É a razão entre a demanda média, durante um intervalo de tempo e a demanda máxima registrada no mesmo período.

$$Fc = \frac{D_{méd.}}{D_{máx.}}$$



3) Fator de Perda (Fpr)

É a relação entre a perda de potência na demanda média e a perda de potência na demanda máxima, ou seja, o fator perda de energia do sistema.

$$Fpr = 0,30 * Fc + 0,7 * Fc^2$$

4) Fator de simultaneidade (F_s)

É a relação entre a demanda máxima do grupo de aparelho pela soma das demandas individuais dos aparelhos do mesmo grupo.

Aparelhos (cv)	Número de Aparelhos							
	2	4	5	8	10	15	20	50
Motores: 3/4 a 2,5	0,85	0,80	0,75	0,70	0,60	0,55	0,50	0,40
Motores: 3 a 15	0,85	0,80	0,75	0,75	0,70	0,65	0,55	0,45
Motores: 20 a 40 cv	0,80	0,80	0,80	0,75	0,65	0,60	0,60	0,50
Acima de 40 cv	0,90	0,80	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	-	-	-	-	-	-

5) Fator de Utilização (Fu)

É o fator aplicado a potência nominal do aparelho para se obter a potência média absorvida pelo mesmo nas condições de utilização.

Aparelhos	Fator de utilização
Fornos a resistência	1,00
Secadores, caldeiras, etc.	1,00
Fornos de indução	1,00
Motores de 3/4 a 2,5 cv	0,70
Motores de 3 a 15 cv	0,83
Motores de 20 a 40 cv	0,85
Acima de 40 cv	0,87
Soldadores	1,00
Retificadores	1,00

A potência e a demanda de cargas podem ser calculadas a partir das seguintes equações:

Potência da Carga (W):

$$P = S * Fp = S * \cos \phi$$

$$P = V * I * Fp = V * I * \cos \phi$$

Potência para motores (W):

$$P = 736 * P(CV)$$

Onde:

P = Potência em Watts

S = Potência Aparente em VA

V = Tensão do sistema em Volts

I = Corrente elétrica do sistema em
Âmpere.

$Fp = \cos \phi$ = Fator de potência

η = rendimento

Fatores de Projeto Elétrico

Demanda da Carga (VA):

$$D = \frac{P(W)}{\eta * Fp}$$

Demanda em Motores (VA):

$$D = \frac{P(CV) * 736}{\eta * Fp}$$

Demanda para conjunto de motores iguais (VA):

$$D = Nm * \frac{P(W)}{\eta * Fp} * Fu * Fs$$

Onde:

P = Potência em Watts

S = Potência Aparente em VA

V = Tensão do sistema em Volts

I = Corrente elétrica do sistema em Ampere.

Fp = cosφ = Fator de potência

η = rendimento

Fu = Fator de Utilização

Fs = Fator de simultaneidade

Nm = número de equipamentos

Fatores de Projeto Elétrico

Demanda para conjunto de motores iguais (VA):

$$D = Nm * \frac{P(CV) * 736}{\eta * Fp} * Fu * Fs$$

Onde:

P(CV) = Potência do motor em CV

Fp = cosφ = Fator de potência

η = rendimento

Fu = Fator de Utilização

Fs = Fator de simultaneidade

Nm = número de motores

Demanda para Iluminação (VA):

$$DI = \sum NI * \left(\frac{Pl + Pr}{Fp} \right)$$

Onde:

$\sum NI$ = Quant. de Luminárias (Lâmpadas)

Pl = Potência da Lâmpada

Pr = Potência do Reator

Fp = Fator de potência do reator

Fatores de Projeto Elétrico

Demanda Total do Quadro de motores - DTM (CCM – Centro de Controle de Motores e/ou QDF -Quadro de Distribuição de Força)

$$DTM = D1 + D2 + \dots Dn$$

$$D1 = Nm1 * \frac{P1(CV) * 736}{\eta * Fp} * Fu1 * Fs1$$

$$D2 = Nm2 * \frac{P2(CV) * 736}{\eta * Fp} * Fu2 * Fs2$$

$$Dn = Nm n * \frac{Pn(CV) * 736}{\eta * Fp} * Fun * Fsn$$

Onde:

P(CV) = Potência do motor em CV

Fp = cosφ = Fator de potência

η = rendimento

Fu = Fator de Utilização

Fs = Fator de simultaneidade

D_(1,2,n) = Demandas dos motores de mesma potência 1, 2 e n

Nm_(1,2,n) = Número de motores do grupo 1, 2 e n

Fatores de Projeto Elétrico

Demanda de Iluminação- DL no Quadro de Luz + Tomadas
(Quadro de Distribuição de Força e Luz - QDFL):

$$DL = DL_1 + DL_2 + \dots DL_n$$

$$DL_1 = \sum NI_1 * \left(\frac{Pl_1 + Pr_1}{Fp} \right)$$

$$DL_2 = \sum NI_2 * \left(\frac{Pl_2 + Pr_2}{Fp} \right)$$

$$DL_n = \sum NI_n * \left(\frac{Pl_n + Pr_n}{Fp} \right)$$

Onde:

$\sum NI$ = Quant. de Luminárias (Lâmpadas)

$Pl_{(1,2,n)}$ = Potência da Lâmpada 1, 2 e n

$Pr_{(1,2,n)}$ = Perda no Reator 1, 2 e n

$DL_{(1,2,n)}$ = Demanda de Iluminação de luminária 1, 2 e n

$Fp = \cos\phi$ = Fator de potência médio
(lâmpada + Reator)

Fatores de Projeto Elétrico

Demanda de Tomadas - DT no Quadro de Luz + Tomadas
(Quadro de Distribuição de Força e Luz - QDFL):

$$DT = Dt_1 + Dt_2 + ...Dt_n$$

$$Dt_1 = Nt_1 * \left(\frac{Pt_1}{Fp} \right)$$

$$Dt_2 = Nt_2 * \left(\frac{Pt_2}{Fp} \right)$$

$$Dt_n = Nt_n * \left(\frac{Pt_n}{Fp} \right)$$

Onde:

$Nt_{(1,2 \text{ e } n)}$ = número de Tomadas tipo 1, 2 e n

$Fp = \cos\phi$ = Fator de potência

$Dt_{(1,2,n)}$ = Demanda de tomadas do tipo 1, 2 e n

Fatores de Projeto Elétrico

Demanda Total de Iluminação + Tomadas – DTL (Quadro de Distribuição de Força e Luz - QDFL):

Onde:

$$DTL = DL + DT$$

DL= Demanda de Iluminação

DT= Demanda de Tomadas

Para determinar a Demanda do Quadro de Distribuição de Força e Luz (QDFL), temos que observar o fator de demanda que segue:

Fatores de Projeto Elétrico

Fator de Demanda para Iluminação e tomadas.

Descrição	Fator de demanda (%)
Auditório, salões para exposição e semelhantes	100
Bancos, lojas e semelhantes	100
Barbearias, salões de beleza e semelhantes	100
Clubes e semelhantes	100
Escolas e semelhantes	100 para os primeiros 12 kW e 50 para o que exceder
Escritório (edifícios de)	100 para os primeiros 20 kW e 70 para o que exceder
Garagens comerciais e semelhantes	100
Hospitais e semelhantes	40 para os primeiros 50 kW e 20 para o que exceder
Hotéis e semelhantes	50 para os primeiros 20 kW – 40 para os seguintes 80 kW – 30 para o que exceder de 100 kW
Igrejas e semelhantes	100
Residências (apartamentos residenciais)	100 para os primeiros 10 kW – 35 para os seguintes 110 kW e 25 para o que exceder de 120 kW
Restaurantes e semelhantes	100

Quadro de Distribuição – Espaço Reserva conforme tabela 5 da NBR 5410

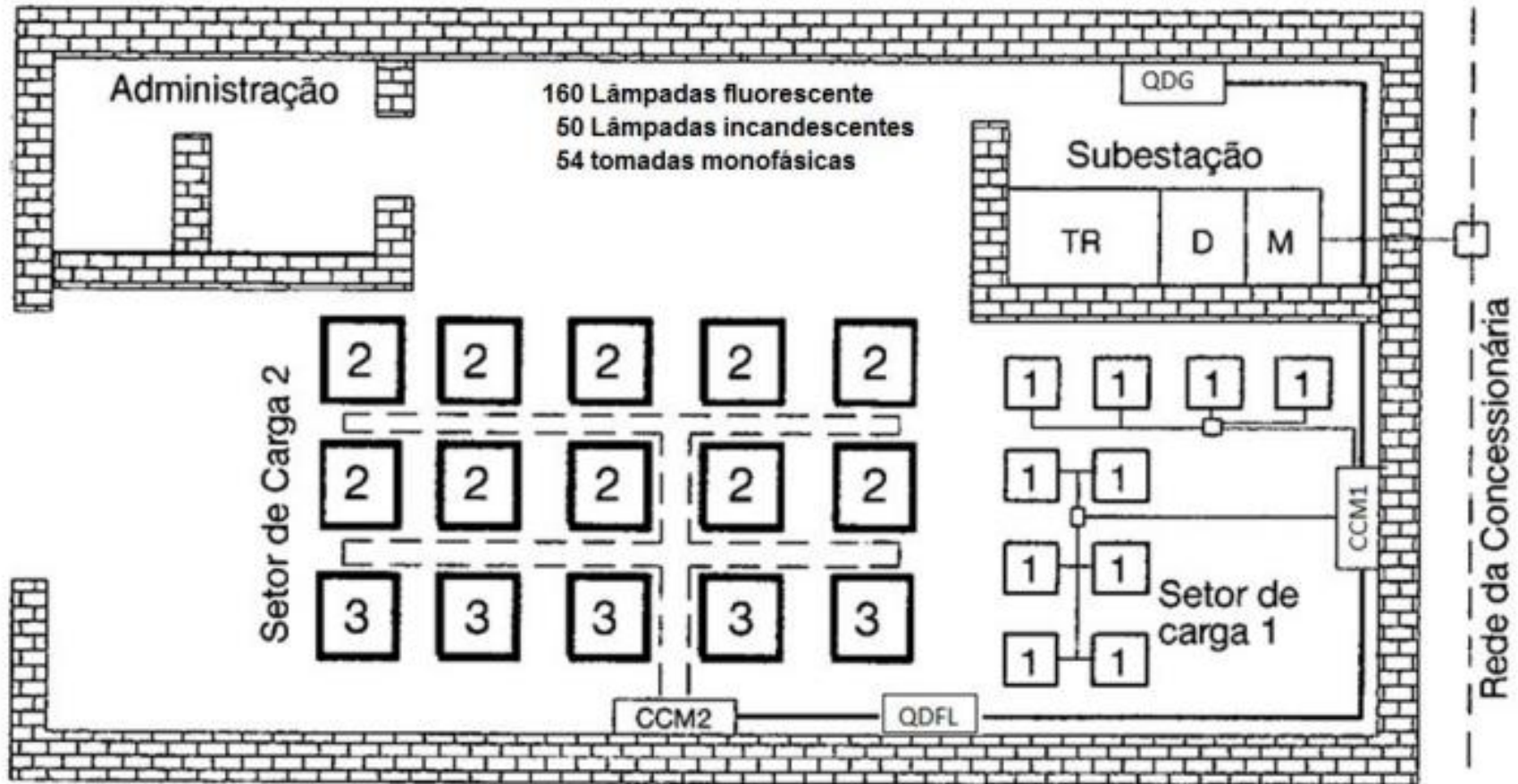
Quantidade de circuitos (N) efetivos no Quadro de Distribuição	Espaço mínimo destinado à circuitos reservas
Até 6 circuitos	2
7 a 12 circuitos	3
13 a 30 circuitos	4
N > Acima de 30 circuitos	$0,15 \cdot N$

Nota: A capacidade de circuitos reserva deve ser considerado no cálculo do alimentador do respectivo quadro de distribuição

Exemplo de Aplicação

- 1) Considere uma indústria representada pela figura que segue, sendo os motores do grupo 1 de 75CV, os motores do grupo 2 de 30CV e os motores do grupo 3 de 50CV , a iluminação da administração e subestação é composta por 50 lâmpadas incandescentes de 100W e a Fábrica de 160 lâmpadas fluorescentes de 40W, o total de TUG é de 54 tomadas com 200VA cada. Determine as demandas dos CCM1, CCM2 QDL e QDF e a potência necessária do transformador da Subestação, considere os motores como IV pólos. O total de circuitos de Iluminação e tomadas no QDFL é de 25circuitos, sendo 9 circuitos de tomadas e 10 circuitos de iluminação fluorescente e 5 circuitos de iluminação incandescente. O QDFL está sendo alimentado pelo CCM1 e o CCM's alimentados pelo QDG.

Exemplo de Aplicação



Cálculo de Demanda de Iluminação

No quadro de Luz e Tomadas QDFL, temos:

- 160 Lâmpada fluorescentes de 40W com reator duplo (2x40)
- 50 lâmpadas incandescente de 100W.
- 54 Tomadas TUG de 200VA

Divisão dos circuitos para realizar o equilíbrio nas fases:

- Lâmpadas Fluorescentes = 10 circuitos
- Lâmpadas Incandescentes = 5 circuitos
- Tomadas monofásicas = 9 circuitos

Número de dispositivos por circuito:

- Fluorescentes = 16 lâmpadas fluorescentes por circuito
- Incandescentes = 10 lâmpadas incandescentes por circuito
- Tomadas = 6 tomadas por circuito

Cálculo de Demanda de Iluminação

Corrente por circuito de iluminação Fluorescente (I_{FL}):

$$I_{FL} = \frac{N}{V_F} \times \left(\frac{Pl_1 + Pr}{Fp} \right) = \frac{8}{220} \times \left(\frac{2 \times 40 + 12}{0,95} \right) = 3,52A$$

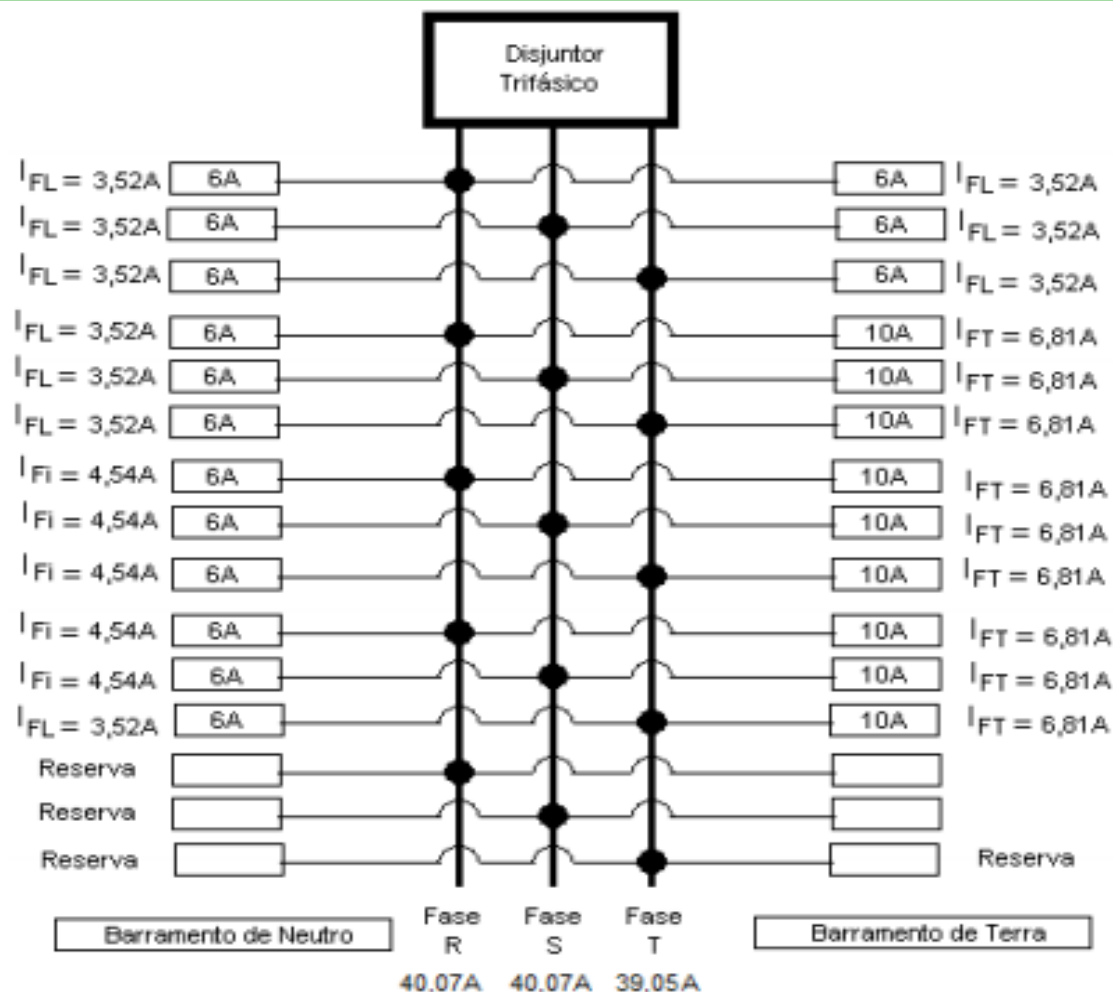
Corrente por circuito de iluminação incandescente (I_{FI}):

$$I_{FI} = \frac{N}{V_F} \times \left(\frac{Pl_1 + Pr}{Fp} \right) = \frac{10}{220} \times \left(\frac{100 + 0}{1} \right) = 4,54A$$

Corrente por circuito de tomadas (I_{FT}):

$$I_{FT} = \frac{N}{V_F} \times \left(\frac{P_T}{Fp} \right) = \frac{6}{220} \times \left(\frac{200}{0,8} \right) = 6,81A$$

Distribuição das correntes dos circuitos
 realizando o equilíbrio por fase



Determinando o número de circuitos reserva no QDFL:

- Pela tabela 59 da NBR 5410, temos 24 circuitos, logo:
- Número de circuitos reserva = 4

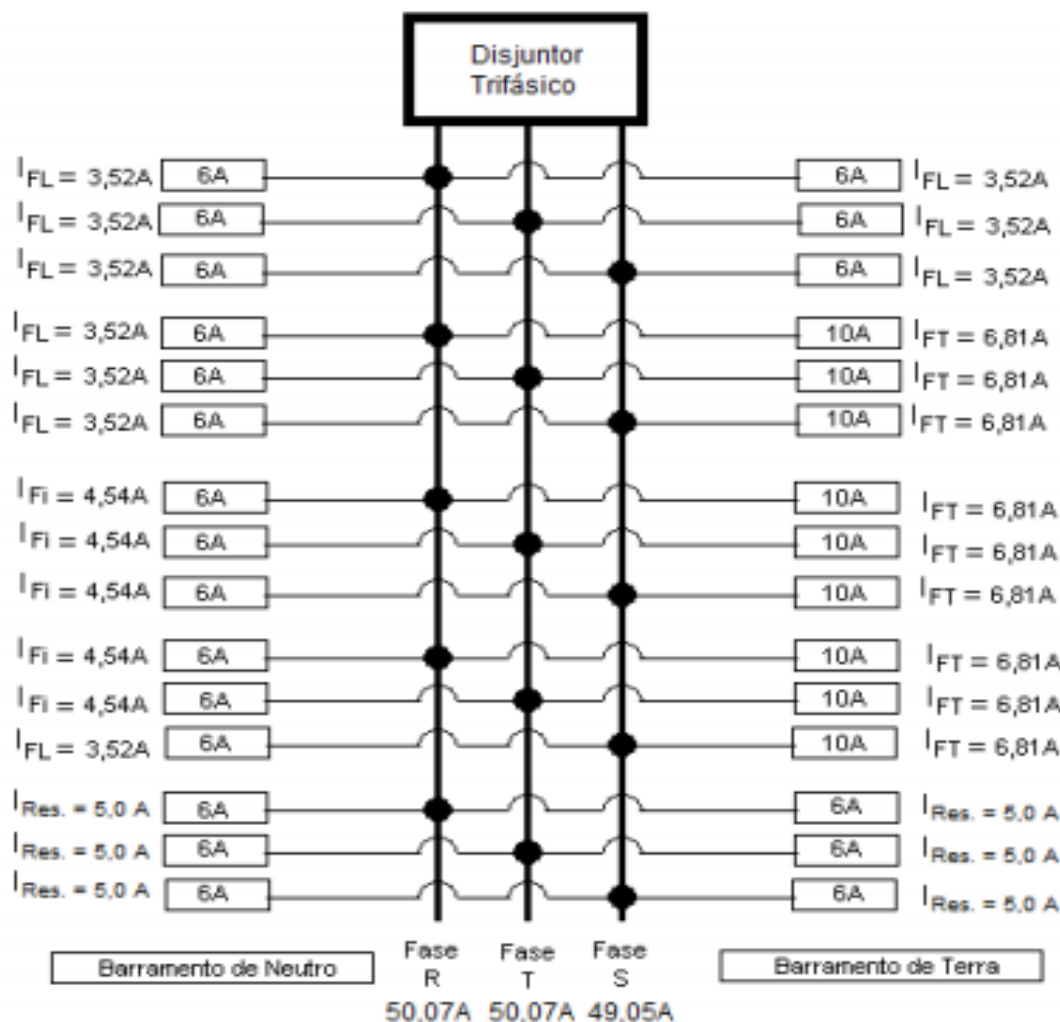
Determinado o valor da corrente dos circuitos reserva:

$$I_{circ.reserva} = \frac{\sum I_{FASE}}{N^{\circ} de circuito na fase} \quad (\text{maior valor de corrente de fase})$$

$$I_{circ.reserva} = \frac{40,07}{8} = 5,0A$$

Por uma questão de escolha : utilizaremos 6 circuitos reserva.
(lembrando que o valor mínimo de circuitos reserva é 4)

Distribuição das correntes dos circuitos com a implementação dos circuitos reservas



Assim temos que a potência do QDFL será:

$$S = \sqrt{3} \times V_L \times I_L \quad S = \sqrt{3} \times 380 \times 50,07$$

$$S = 32.955 VA \quad \rightarrow \quad P = S \times Fp = 32.955 \times 0,9 = 29.659,5 W$$

Adotando uma
valor médio para
o FP = 0,9.

Realizando o fator de demanda para o QDFL conforme tabela do
Fator de Demanda para Iluminação e tomadas temos:

Escritório (edifícios de) | 100 para os primeiros 20 kW e 70 para o que exceder

Potência = 29.659,5 W	Valor Nominal	Valor com Fator de demanda
100% Para os Primeiros 20kW	20000	20000
70% Para o excedente	9.659,5	6.761,65
Valor da potência aplicando o fator de demanda		26.761,65

Especificação dos Disjuntores de Proteção

O cálculo do Fator de demanda para o QDFL é realizado para dimensionar o disjuntor geral do QDFL:

$$I_{QDFL} = \frac{P(W)}{\sqrt{3} \times V_L \times Fp} = \frac{26.761,65}{\sqrt{3} \times 380 \times 0,9} = 45,18 A$$

O valor comercial do disjuntor será: 50A

- Especificação pelo catálogo da Siemens : 5SX1 350-7
- Especificação pelo catálogo da WEG: MBW-C50-3

- Especificação dos disjuntores de 6A :

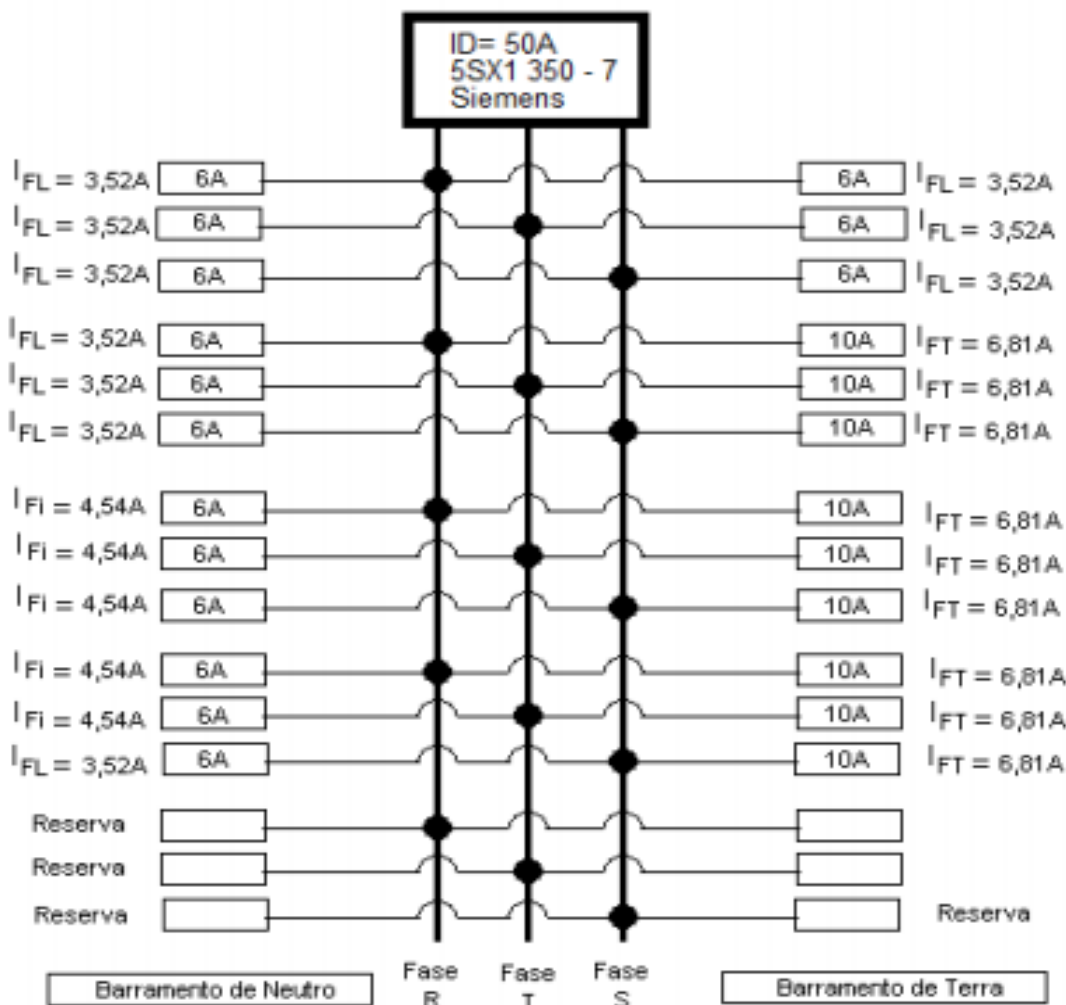
Siemens : 5SX1 106-7 WEG: MBW-C6

- Especificação dos disjuntores de 10A :

Siemens : 5SX1 110-7 WEG: MBW-C10

Todos os disjuntores pertencem a classe C (curva de disparo - C)

Distribuição das correntes dos circuitos com a implementação dos circuitos reservas



Dimensionamento dos Barramentos do Quadro:

Barramento Principal: Corrente mínima a ser suportada: 50A

Barramento Secundário: Corrente mínima a ser suportada 10A

Conforme catálogo temos:

Tabela I (AC~DC)	(A)	
Barramento Primário	73	$\frac{1}{8} \times \frac{3}{8}$
Barramento Secundário	48	$\frac{1}{8} \times \frac{1}{4}$

Cálculo de Demanda dos Motores

- Os motores do grupo 1 está sendo alimentado pelo Centro de Controle de Motores 1 – CCM1, assim temos:

$$D1 = Nm * \frac{P1(CV) * 736}{\eta * Fp} * Fu_1 * Fs_1$$

$$D1 = 10 * \frac{75 * 736}{0,93 * 0,88} * 0,87 * 0,65$$

$$D1 = 381.422,28 VA$$

$$D1 = 381,42 kVA$$

Onde:

P1 = 75CV

Nm = 10 motores

η = 0,93, tabela motores

Fp = 0,88, tabela motores

Fu = 0,87, tabela de Fator de utilização.

Fs = 0,65, tabela de Fator de Simultaneidade.

A demanda do CCM1 = 381,42kVA

Nota = Este Quadro também está alimentando o QDFL.

Especificação dos Disjuntores de Proteção

Disjuntores reserva Quadro de Distribuição: CCM 1

Disjuntor reserva: 3 disjuntores (7 A 12 disjuntores)

$$I_L = \frac{P(W)}{\sqrt{3} \times V_L \times \eta \times Fp} = \frac{75 \times 736}{\sqrt{3} \times 380 \times 0,93 \times 0,88} = 102,47 A \text{ (corrente do motor)}$$

Corrente do disjuntor $I_D = 160 A$ térmico ajustado $I_D = 110 A$ (3VL27 12-1 Siemens)

$$CCM_1 = 381,42 kVA \text{ p / 10 circuitos, logo temos: } \frac{381,82}{10} = 38,18 kVA \text{ por circuito}$$

Considerando que o CCM_1 está alimentando também o QDFL ($S = 32,96 kVA$)

$$CCM_1 = CCM1 + \text{Circ.Reserva} + QDFL$$

$$CCM_1 = 381,42 + 3 \times 38,18 + 32,96 = 528,92 kVA$$

$$I_{CCM1} = \frac{D(VA)}{\sqrt{3} \times V_L} = \frac{528,92 k}{\sqrt{3} \times 380} = 803,61 A$$

Corrente do disjuntor $I_D = 1250 A$ térmico ajustado $I_D = 810 A$ (3VL77 10-1 Siemens)

Cálculo de Demanda dos Motores

- Os motores do grupo 2 e grupo 3 estão sendo alimentado pelo Centro de Controle de Motores 2 – CCM2, assim temos:

- Motores do grupo 2:

$$D2 = Nm * \frac{P2(CV) * 736}{\eta * Fp} * Fu_2 * Fs_2$$

$$D2 = 10 * \frac{30 * 736}{0,91 * 0,84} * 0,85 * 0,65$$

$$D2 = 159.591,83VA$$

Onde:

P2 = 30CV

Nm = 10 motores

η = 0,91, tabela motores

Fp = 0,84, tabela motores

Fu = 0,85, tabela de Fator de utilização.

Fs = 0,65, tabela de Fator de Simultaneidade.

Cálculo de Demanda dos Motores

- Motores do grupo 3:

$$D3 = Nm * \frac{P3(CV) * 736}{\eta * Fp} * Fu_3 * Fs_3$$

$$D3 = 5 * \frac{50 * 736}{0,924 * 0,86} * 0,87 * 0,70$$

$$D3 = 141.014,79VA$$

Onde:

P3 = 50CV

Nm = 5 motores

η = 0,924 tabela motores

Fp = 0,86, tabela motores

Fu = 0,87 tabela de Fator de utilização.

Fs = 0,70 tabela de Fator de Simultaneidade.

- A demanda Total do CCM2 é:

$$DT = D2 + D3 = 159.591,83 + 141.014,79$$

$$DT = 300.606,62VA$$

- A demanda do CCM2 = 300,61kVA

Especificação dos Disjuntores de Proteção

Disjuntores reserva Quadro de Distribuição: CCM2

Disjuntor reserva: 4 disjuntores (13 a 30 disjuntores)

$$I_L = \frac{P(W)}{\sqrt{3} \times V_L \times \eta \times Fp} = \frac{30 \times 736}{\sqrt{3} \times 380 \times 0,91 \times 0,84} = 49,31A \text{ (corrente do motor 30CV)}$$

Corrente do disjuntor $I_D = 63A$ térmico ajustado $I_D = 50A$ (3RV10 41-4JA10 Siemens)

$$I_L = \frac{P(W)}{\sqrt{3} \times V_L \times \eta \times Fp} = \frac{50 \times 736}{\sqrt{3} \times 380 \times 0,924 \times 0,86} = 70,36A \text{ (corrente do motor 50CV)}$$

Corrente do disjuntor $I_D = 90A$ térmico ajustado $I_D = 72A$ (3RV10 41-4LA10 Siemens)

$$CCM_2 = 300,61kVA \text{ p/ 15 circuitos, logo temos: } \frac{300,61k}{15} = 20,04kVA \text{ por circuito}$$

Especificação dos Disjuntores de Proteção

Disjuntores reserva Quadro de Distribuição: CCM2

Disjuntor reserva: 4 disjuntores (13 a 30 disjuntores)

$$CCM_2 = CCM_2 + 4 \times \text{Circuito Reserva}$$

$$CCM_2 = 300,61kVA + 4 \times 20,04kVA = 380,77kVA$$

$$I_{CCM2} = \frac{D(VA)}{\sqrt{3} \times V_L} = \frac{380,77k}{\sqrt{3} \times 380} = 578,52A$$

Corrente do disjuntor $I_D = 630A$ térmico ajustado $I_D = 580A$ (3VL57 63 -1 Siemens)

Demanda Total da Indústria

Demanda Total no QDF (Quadro de Distribuição Geral)

DT = Demanda dos CCM's + a Demanda de Iluminação + Tomadas

$$DT = D_CCM1 + D_CCM2$$

$$DT = 528,92 + 380,77 \text{ (kVA)}$$

$$DT = 909,69 \text{ kVA}$$

$$\text{Demanda do QDG} = 909,69 \text{ kVA}$$

$$I_{QDG} = \frac{P(W)}{\sqrt{3} \times V_L \times \eta \times Fp} = \frac{D(VA)}{\sqrt{3} \times V_L} = \frac{909,69k}{\sqrt{3} \times 380} = 1.382,13 A$$

Corrente do disjuntor $I_D = 1600 A$ térmico ajustado $I_D = 1400 A$ (3VL87 16- 2 Siemens)

Será considerado dois circuitos reservas (trifásicos) com potência máxima de 50kVA por circuito.

O transformador necessário deverá ter uma potência maior que 904,04kVA, assim comercialmente temos o transformador com 1000kVA.

Dimensionamento dos Barramentos do Quadro:

➤ CCM1

Barramento Principal: Corrente mínima a ser suportada: 1250A

Barramento Secundário: Corrente mínima a ser suportada 160A

➤ CCM2

Barramento Principal: Corrente mínima a ser suportada: 630A

Barramento Secundário: Corrente mínima a ser suportada 90A

Tabela I (AC~DC)	Barramento Primário (A)		Barramento Secundário (A)	
CCM1	1420	$\frac{3}{8} \times 2. \frac{3}{4}$	179	$\frac{1}{4} \times \frac{1}{2}$
CCM2	774	$\frac{3}{8} \times 1. \frac{1}{2}$	112	$\frac{1}{4} \times \frac{5}{16}$

Dimensionamento dos Barramentos do QDG:

Barramento Principal: Corrente mínima a ser suportada: 1600A

Barramento Secundário: Corrente mínima a ser suportada 1250A

Conforme catálogo temos:

Tabela I (AC~DC)	(A)	
Barramento Primário	1968	$\frac{1}{2} \times 3$
Barramento Secundário	1476	$\frac{1}{2} \times 2. \frac{1}{4}$

Diagrama dos Disjuntores e Quadros

Quadro de Distribuição Geral - QDG

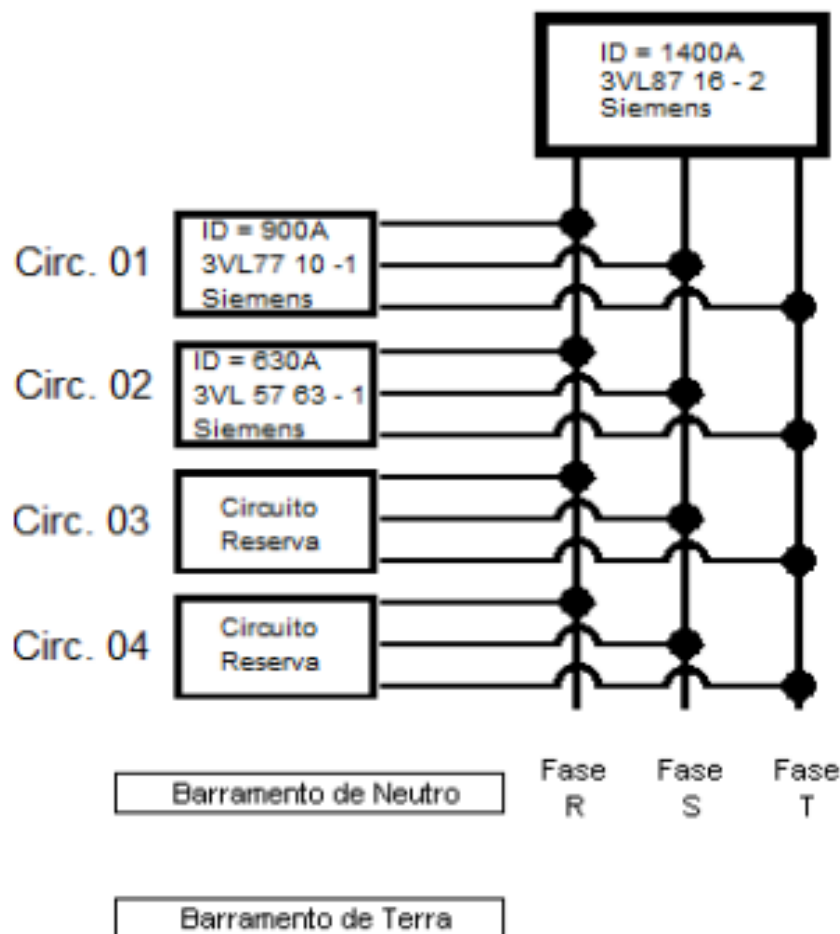
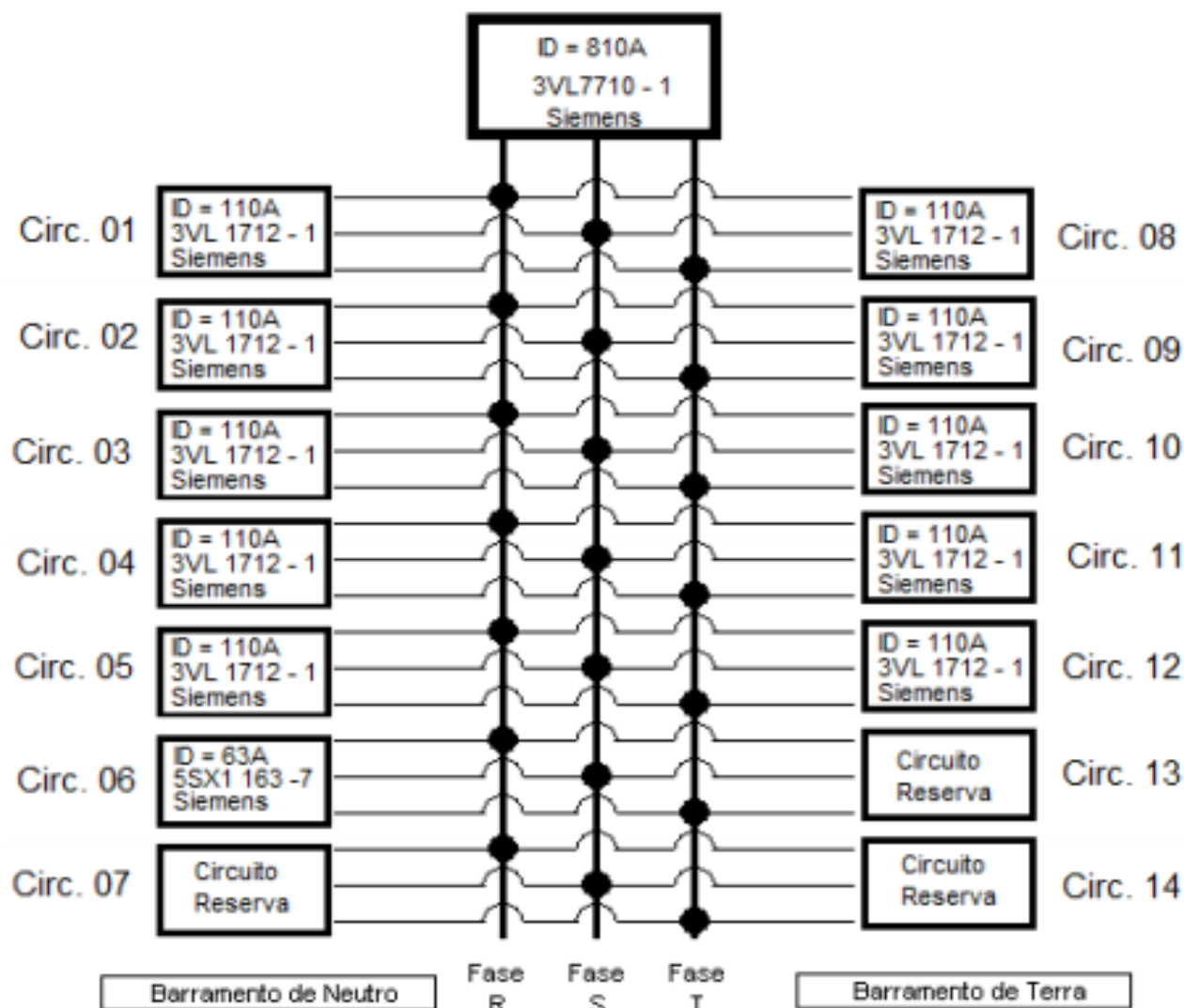


Diagrama dos Disjuntores e Quadros

CCM 1



Identificação dos Circuitos no Quadro

Centro de Controle de Motores Nº 01 - CCM 1

Circuito Nº	Identificação do Circuito	Sigla
01	Fresadora 001	FRD-001
02	Fresadora 002	FRD-002
03	Torno Mecânico 001	TNM - 001
04	Torno Mecânico 002	TNM - 002
05	Torno CNC 001	TCN - 001
06	Torno CNC 0012	TCN - 001
07	Injetora - 001	INJ - 001
08	Injetora - 002	INJ - 002
09	Injetora - 003	INJ - 003

Exemplo de Identificação de Quadros