

DIMENSIONAMENTO DE COMPONENTES II

INSTALAÇÃO DE MOTORES

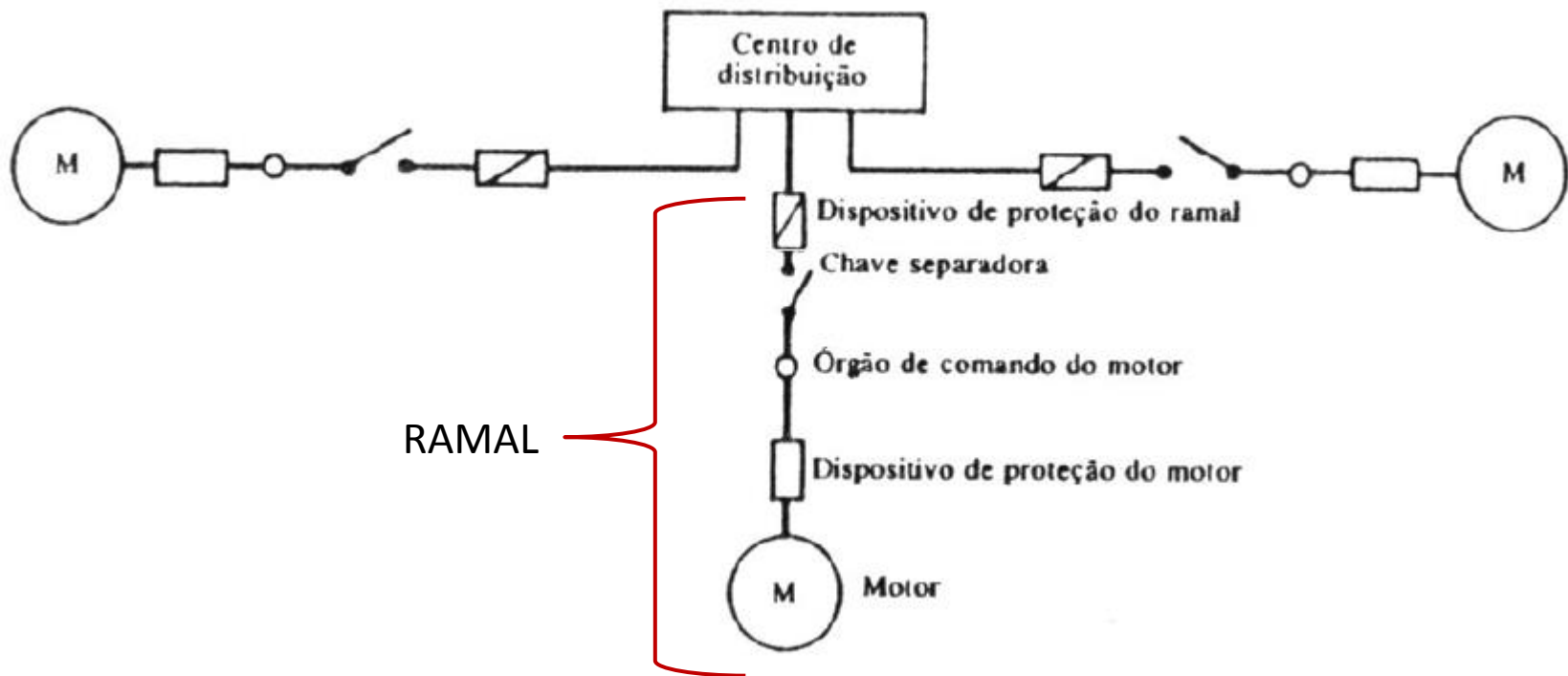
Prof. Marcos Fergütz

Julho/2016

DIMENSIONAMENTO DA FIAÇÃO

- **CAPACIDADE DE CORRENTE**

- CASO 1: ALIMENTAÇÃO PARA UM MOTOR - RAMAL

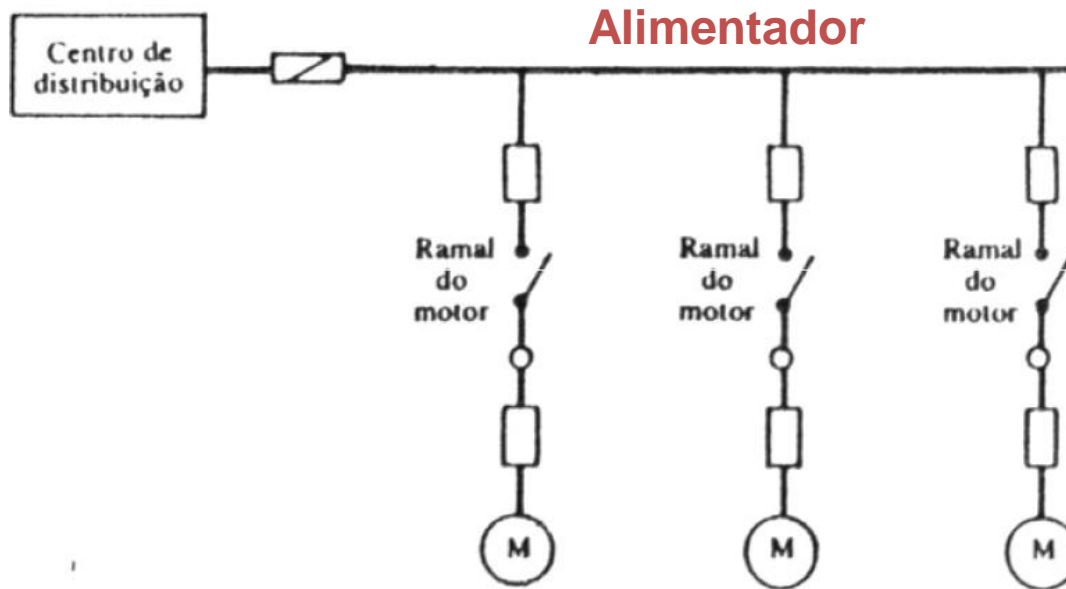


$$I_{rm} = 1,25 \times I_{nm}$$

onde, $I_{rm} \Rightarrow$ corrente do ramal do motor

$I_{nm} \Rightarrow$ corrente nominal do motor

➤ CASO 2: ALIMENTAÇÃO PARA VÁRIOS MOTORES - ALIMENTADOR



a) motores sem partida simultânea

$$I_{al} = 1,25xI_{nmm} + \sum I_{nm}$$

onde, $I_{al} \Rightarrow$ corrente do alimentador

$I_{nmm} \Rightarrow$ corrente nominal do maior motor

$I_{nm} \Rightarrow$ corrente nominal dos demais motores

b) motores com partida simultânea

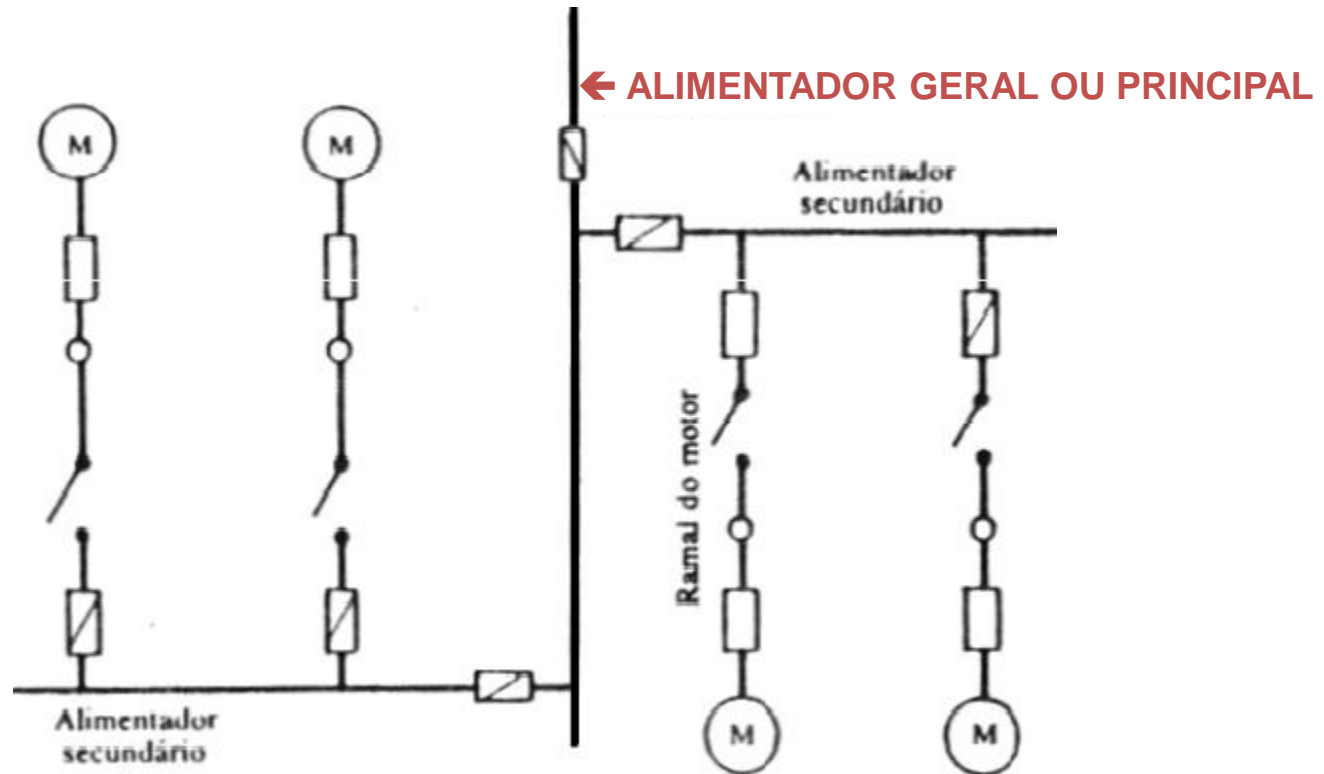
$$I_{al} = 1,25x \sum I_{nms} + \sum I_{nm}$$

onde, $I_{al} \Rightarrow$ corrente do alimentador

$I_{nms} \Rightarrow$ corrente nominal dos motores simultâneos

$I_{nm} \Rightarrow$ corrente nominal dos demais motores

➤ CASO 3: ALIMENTAÇÃO GERAL DE ALIMENTADORES SECUNDÁRIOS



$$I_{alg} = 1,25 \times I_{alsmc} + \sum I_{als}$$

onde, I_{alg} \Rightarrow corrente do alimentador geral

I_{alsmc} \Rightarrow corrente do alimentador secundário mais carregado

I_{als} \Rightarrow corrente nominal dos demais alimentadores

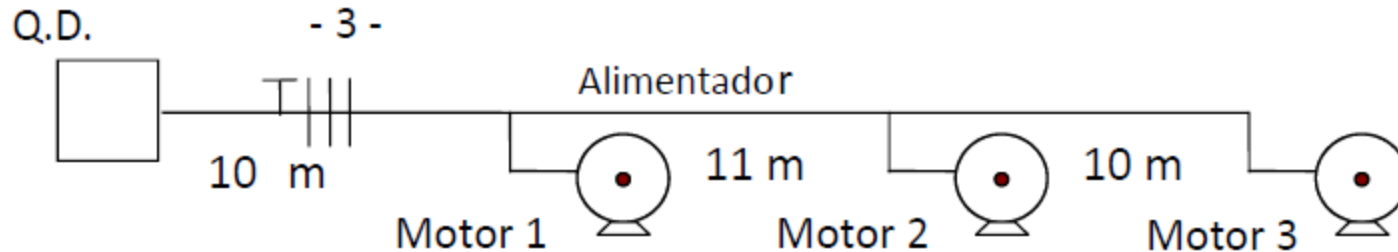
Especificação do cabo pela capacidade de corrente

Para determinação do cabo de alimentação, seja do ramal do motor, seja do ramal secundário ou principal, o procedimento é o que segue:

1. Determinar a corrente do alimentador;
2. Determinar o modo de instalação (eletroduto, eletrocalha, bandeja...)
3. Observar o agrupamento de cabos (FCA)
4. Determinar a temperatura do ambiente de trabalho (FCT);
5. Determinar o tipo de isolamento do cabo (PVC, EPR ou XPLE)
6. Obter, na tabela adequada, o valor de I_z que satisfaz as condições de 1 a 5.

EXEMPLO 1

- Dado o esquema abaixo:



Sendo:

Motor 1 → 40cv/380V/FP=0,81/η=0,87/4polos;

Motor 2 → 15cv/380V/FP=0,85/η=0,88/4polos;

Motor 3 → 25cv/380V/FP=0,84/η=0,89/4polos;

Cabos multipolares, em EPR, instalados em bandeja perfurada.

Sem partidas simultâneas, temperatura 30°C.

Determinar:

A corrente de cada motor; a corrente do alimentador; especificar os cabos dos ramais e do alimentador.

- SOLUÇÃO

$$I_{nm1} = \frac{736 \times 40}{\sqrt{3} \times 380 \times 0,81 \times 0,87} = 63,5A$$

$$I_{rm1} = 1,25 \times I_{nm1} = 1,25 \times 63,5 = 79,4A$$

$$I_{nm2} = \frac{736 \times 15}{\sqrt{3} \times 380 \times 0,85 \times 0,88} = 22,5A$$

$$I_{rm2} = 1,25 \times I_{nm2} = 1,25 \times 22,5 = 28,1A$$

$$I_{nm3} = \frac{736 \times 25}{\sqrt{3} \times 380 \times 0,84 \times 0,89} = 37,5A$$

$$I_{rm3} = 1,25 \times I_{nm3} = 1,25 \times 37,5 = 46,9A$$

- Alimentador de motores sem partida simultânea:

ABNT NBR 5410:2004

$$I_{al} = 1,25 \times 63,5 + 22,5 + 37,5 = 139,5A$$

- Cabos multipolares em bandeja perfurada:

Tabela 33 (continuação)


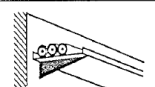
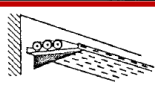
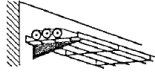
Método de instalação número	Esquema ilustrativo	Descrição	Método de referência ¹⁾
11B		Cabos unipolares ou cabo multipolar afastado do teto mais de 0,3 vez o diâmetro do cabo	C
12		Cabos unipolares ou cabo multipolar em bandeja não-perfurada, perfilado ou prateleira ³⁾	C
13		Cabos unipolares ou cabo multipolar em bandeja perfurada, horizontal ou vertical ⁴⁾	E (multipolar) F (unipolares)
14		Cabos unipolares ou cabo multipolar sobre suportes horizontais, eletrocalha aramada ou tela	E (multipolar) F (unipolares)

Tabela 39 — Capacidades de condução de corrente, em ampères, para os métodos de referência E, F e G

Condutores: cobre e alumínio

Isolação: EPR ou XLPE

Temperatura no condutor: 90°C

Temperatura ambiente de referência: 30°C

Seções nominais dos condutores mm ²	Métodos de referência indicados na tabela 33						
	Cabos multipolares		Cabos unipolares ¹⁾				
	Dois condutores carregados	Três condutores carregados	Dois condutores carregados, justapostos	Três condutores carregados, em trifólio	Três condutores carregados, no mesmo plano		
	Método E	Método E	Método F	Método F	Justapostos	Espaçados	
					Método F	Horizontal Método G	Vertical Método G
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)
Cobre							
0,5	13	12	13	10	10	15	12
0,75	17	15	17	13	14	19	16
1	21	18	21	16	17	23	19
1,5	26	23	27	21	22	30	25
2,5	36	32	37	29	30	41	35
4	49	42	50	40	42	56	48
6	63	54	65	53	55	73	63
10	86	75	90	74	77	101	88
16	115	100	121	101	105	137	120
25	149	127	161	135	141	182	161
35	185	158	200	169	176	226	201
50	225	192	242	207	216	275	246
70	289	246	310	268	279	353	318
95	352	298	377	328	342	430	389
120	410	348	437	388	402	500	451

$$I_{rm2} = 28,1A$$

$$I_{rm3} = 46,9A$$

$$I_{rm1} = 79,4A$$

$$I_{alg} = 139,5A$$

DIMENSIONAMENTO DA FIAÇÃO

- **QUEDA DE TENSÃO**

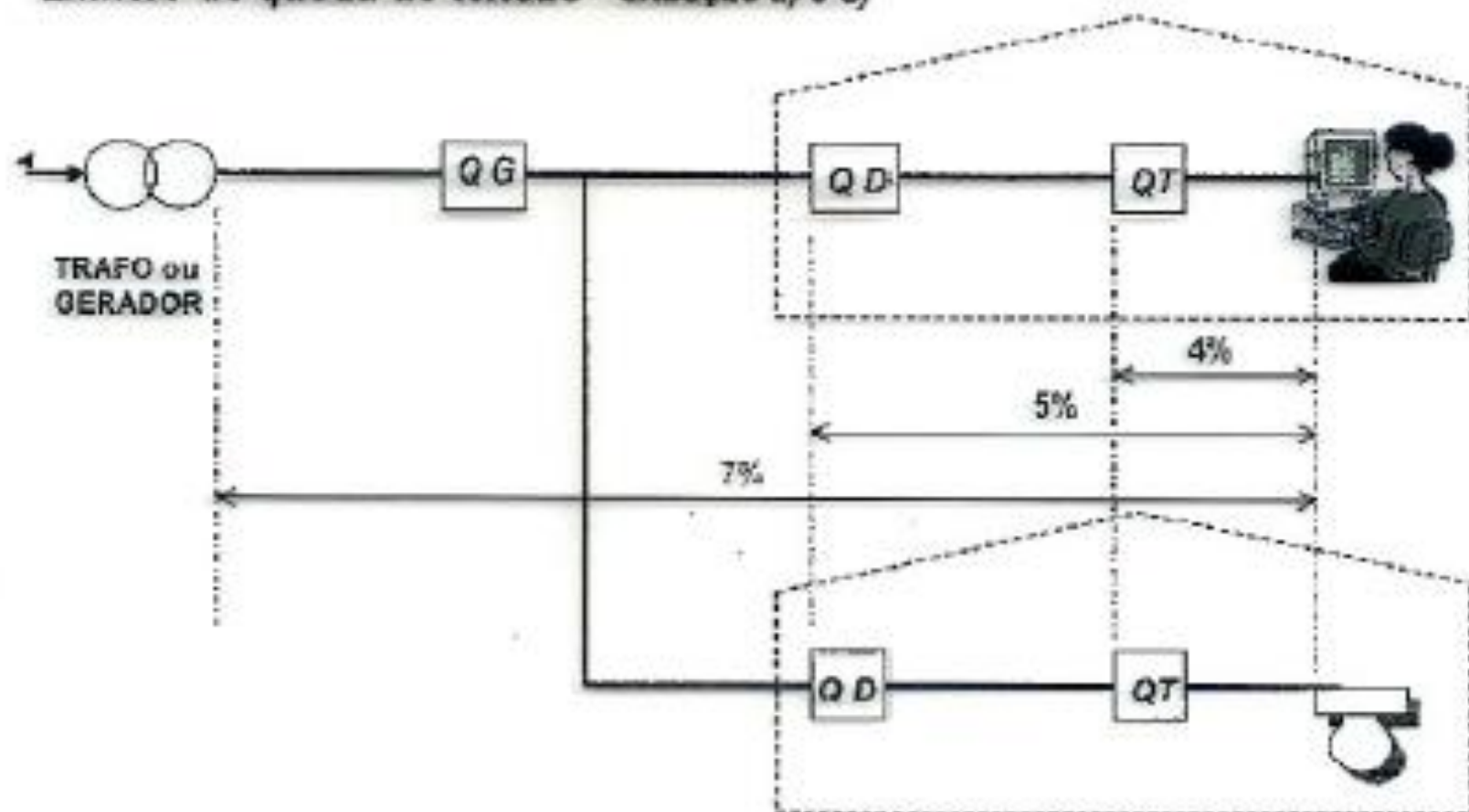
QUEDA DE TENSÃO (item 6.2.7)

Qualquer ponto de utilização da instalação, a queda de tensão não deve ser superior aos seguintes valores:

- a) 7%, calculados a partir dos terminais secundários do transformador MT/BT, no caso de transformador de propriedade da(s) unidade(s) consumidora(s);
- b) 7%, calculados a partir dos terminais secundários do transformador MT/BT da empresa distribuidora de eletricidade, quando o ponto de entrega for aí localizado;
- c) 5%, calculados a partir do ponto de entrega, nos demais casos de ponto de entrega com fornecimento em tensão secundária de distribuição;
- d) 7%, calculados a partir dos terminais de saída do gerador, no caso de grupo gerador próprio.

Em nenhum caso a queda de tensão nos circuitos terminais pode ser superior a 4% .
(item 6.2.7.2)

Limites de queda de tensão - situação a) e d)



$$QT(AXm) = Ixd$$

Sistemas Trifásicos
Dimensionamento dos condutores pela máxima queda de tensão

Tensões Nominiais entre Linhas	220 V	1%	2%	3%	4%	5%	6%	7%	8%
	380 V	0,57%	1,154%	1,732%	2,3%	2,9%	3,4%	4,0%	4,6%
Condutor de PVC/70 Série Métrica (mm ²)	Ampères × Metros Condutores Singelos de Cobre — Modo de Instalar E-F (Tabela 4.4)								
1,5	106	213	320	426	533	639	746	853	
2,5	178	355	533	711	888	1 066	1 244	1 421	
4	284	568	853	1 137	1 421	1 705	1 990	2 274	
6	426	853	1 279	1 705	2 132	2 558	2 985	3 411	
10	711	1 421	2 132	2 842	3 553	4 264	4 974	5 685	
16	1 137	2 274	3 411	4 548	5 685	6 822	7 959	9 096	
25	1 776	3 553	5 329	7 106	8 882	10 659	12 435	14 212	
35	2 487	4 974	7 461	9 948	12 435	14 923	17 410	19 897	
50	3 553	7 106	10 659	14 212	17 765	21 318	24 871	28 424	
70	4 974	9 948	14 923	19 891	24 871	29 845	34 819	39 794	
95	6 751	13 501	20 252	27 003	33 753	40 504	47 255	54 006	
120	8 527	17 054	25 582	34 109	42 636	51 163	59 690	68 218	
150	10 659	21 318	31 977	42 636	53 295	63 954	74 613	85 272	
185	13 146	26 292	39 438	52 584	65 730	78 877	92 023	105 169	
240	17 054	34 109	51 163	68 218	85 272	102 326	119 381	136 435	
300	21 318	42 636	63 954	85 272	106 590	127 908	149 226	170 544	
400	28 424	56 848	85 272	113 696	142 120	170 544	198 968	227 392	
500	35 530	71 060	106 590	142 120	177 650	213 180	248 710	284 240	

CARGA TRIFÁSICA →

$$S = \frac{\sqrt{3} \cdot \rho \cdot \left(\sum_{i=1}^n I_{ni} \cdot d_i \right)}{U \cdot \Delta U}$$

DIMENSIONAMENTO DA FIAÇÃO

- **CAPACIDADE DE CORRENTE DE CURTO-CIRCUITO**

O cálculo de corrente de curto-circuito será estudado mais adiante. Aqui se fará a aplicação na determinação da bitola de condutores.

Determinação da bitola do condutor em função da corrente de curto-circuito

$$S_C = \frac{\sqrt{T_e} \times I_{CS}}{0,34 \times \sqrt{\log\left(\frac{234 + T_f}{234 + T_i}\right)}}$$

Obs.: na literatura são encontrados gráficos baseados na fórmula

I_{CS} – corrente trifásica simétrica de curto-circuito, em kA;

T_e – tempo de eliminação do defeito, em s;

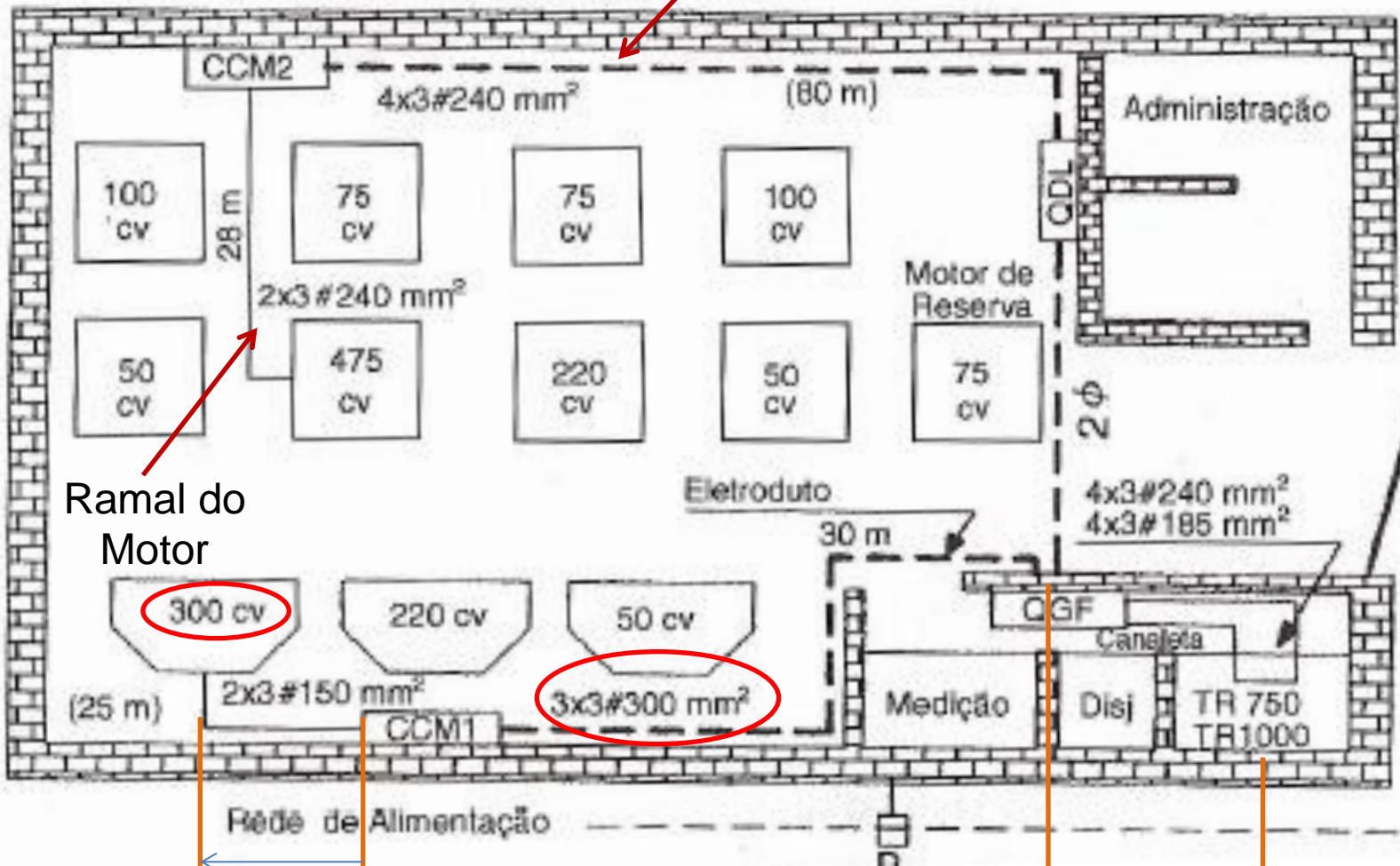
T_f – Temperatura máxima de curto-circuito em função da isolação do condutor, em °C;

T_i – Temperatura máxima admissível pelo condutor em regime normal de operação, em °C;

- Isolação em PVC 70°C → $T_f = 160^\circ\text{C}$ e $T_i = 70^\circ\text{C}$
- Isolação em EPR/XLPE 90°C → $T_f = 250^\circ\text{C}$ e $T_i = 90^\circ\text{C}$

EXEMPLO PRÁTICO

Alimentador



Ramal do Motor

Máx.
4%

7%

SOLUÇÃO DO EXEMPLO PRÁTICO

• CAPACIDADE DE CORRENTE

DADOS:

$$I_{300} = 480A$$

$$I_{220} = 370A$$

$$I_{50} = 80A$$

$$I_{al} \geq 1,25 \times 480 + 370 + 80$$

$$I_{al} \geq 1.050A$$

Alimentador $\rightarrow 3 \times 300 \text{mm}^2 (1.278A)$

$$I_{R300} \geq 1,25 \times 480 \geq 600A$$

Ramal $\rightarrow 2 \times 150 \text{mm}^2 (550A)$

Tabela 36 — Capacidades de condução de corrente, em ampères, para os métodos de referência A1, A2, B1, B2, C e D

Condutores: cobre e alumínio

Isolação: PVC

Temperatura no condutor: 70°C

Temperaturas de referência do ambiente: 30°C (ar), 20°C (solo)

Seções nominais mm ²	Métodos de referência indicados na tabela 33											
	A1		A2		B1		B2		C		D	
	Número de condutores carregados											
	2	3	2	3	2	3	2	3	2	3	2	3
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)	(11)	(12)	(13)
Cobre												
0,5	7	7	7	7	9	8	9	8	10	9	12	10
0,75	9	9	9	9	11	10	11	10	13	11	15	12
1	11	10	11	10	14	12	13	12	15	14	18	15
1,5	14,5	13,5	14	13	17,5	15,5	16,5	15	19,5	17,5	22	18
2,5	19,5	18	18,5	17,5	24	21	23	20	27	24	29	24
4	26	24	25	23	32	28	30	27	36	32	38	31
6	34	31	32	29	41	36	38	34	46	41	47	39
10	46	42	43	39	57	50	52	46	63	57	63	52
16	61	56	57	52	76	68	69	62	85	76	81	67
25	80	73	75	68	101	89	90	80	112	96	104	86
35	99	89	92	83	125	110	111	99	138	119	125	103
50	119	108	110	99	151	134	133	118	168	144	148	122
70	151	136	139	125	192	171	168	149	213	184	183	151
95	182	164	167	150	232	207	201	179	258	223	216	179
120	210	188	192	172	269	239	232	206	299	259	246	203
150	240	216	219	196	309	275	265	236	344	299	278	230
185	273	245	248	223	353	314	300	268	392	341	312	258
240	321	286	291	261	415	370	351	313	461	403	361	297
300	367	328	334	298	477	426	401	358	530	464	408	336
400	438	390	398	355	571	510	477	425	634	557	478	394
500	502	447	456	406	656	587	545	486	729	642	540	445
600	578	514	526	467	758	678	626	559	843	743	614	506
800	669	593	609	540	881	788	723	645	978	865	700	577
1.200	767	679	698	618	1.012	906	827	738	1.125	996	792	652

• QUEDA DE TENSÃO

- PELA FÓRMULA:
$$S = \frac{\sqrt{3} \cdot \rho \cdot \left(\sum_{i=1}^n I_{ni} \cdot d_i \right)}{U \cdot \Delta U}$$

Para o motor de 300cv, com 1,16% de QT, temos:

$$S_{300} = \frac{\sqrt{3} \times 480 \times 25}{56 \times 380 \times 0,0116} = 84,2 \text{ mm}^2 \quad \rightarrow 95 \text{ mm}^2$$

Para o alimentador, com 2,9% de QT, temos:

$$S_{al} = \frac{\sqrt{3} \times 930 \times 30}{56 \times 380 \times 0,029} = 78,3 \text{ mm}^2 \quad \rightarrow 95 \text{ mm}^2$$

• QUEDA DE TENSÃO

- PELO CÁLCULO DO Axm:

Sistemas Trifásicos
Dimensionamento dos condutores pela máxima queda de tensão

Tensões Nominais entre Linhas	220 V	1%	2%	3%	4%	5%	6%	7%	8%
	380 V	0,57%	1,154%	1,732%	2,3%	2,9%	3,4%	4,0%	4,6%
Conductor de PVC/70 Série Métrica (mm ²)	Ampères × Metros Condutores Singelos de Cobre — Modo de Instalar E-F (Tabela 4.4)								
1,5	106	213	320	426	533	639	746	853	
2,5	178	355	533	711	888	1 066	1 244	1 421	
4	284	568	853	1 137	1 421	1 705	1 990	2 274	
6	426	853	1 279	1 705	2 132	2 558	2 985	3 411	
10	711	1 421	2 132	2 842	3 553	4 264	4 974	5 685	
16	1 137	2 274	3 411	4 548	5 685	6 822	7 959	9 096	
25	1 776	3 553	5 329	7 106	8 882	10 659	12 435	14 212	
35	2 487	4 974	7 461	9 948	12 435	14 923	17 410	19 897	
50	3 553	7 106	10 659	14 212	17 765	21 318	24 871	28 424	
70	4 974	9 948	14 923	19 891	24 871	29 845	34 819	39 794	
95	6 751	13 501	20 252	27 003	33 753	40 504	47 255	54 006	
120	8 527	17 054	25 582	34 109	42 636	51 163	59 690	68 218	
150	10 659	21 318	31 977	42 636	53 295	63 954	74 613	85 272	
185	13 146	26 292	39 438	52 584	65 730	78 877	92 023	105 169	
240	17 054	34 109	51 163	68 218	85 272	102 326	119 381	136 435	
300	21 318	42 636	63 954	85 272	106 590	127 908	149 226	170 544	
400	28 424	56 848	85 272	113 696	142 120	170 544	198 968	227 392	
500	35 530	71 060	106 590	142 120	177 650	213 180	248 710	284 240	

$$QT_{300} = 480 \times 25 = 12.000 Am$$

$$QT_{al} = 930 \times 30 = 27.900 Am$$

• CORRENTE DE CURTO-CIRCUITO

$$S_C = \frac{\sqrt{T_e} \times I_{CS}}{0,34 \times \sqrt{\log\left(\frac{234 + T_f}{234 + T_i}\right)}}$$

Bitolas maiores
que 10mm²

Dados:

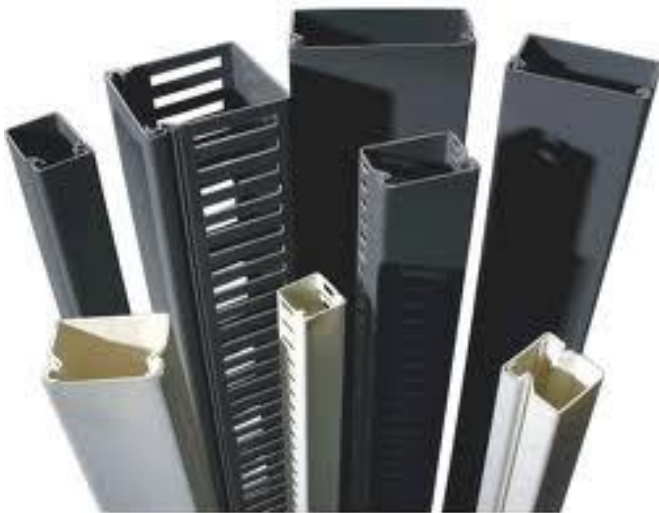
- Corrente de curto-circuito no CCM1 de 9,5kA;
- Corrente de curto-circuito no motor de 300CV de 5,3kA;
- Cabos de PVC com T_i de 70°C e T_f de 160°C;
- Tempo de atuação da proteção T_e de 0,5s.

$$S_{CCM1} = \frac{\sqrt{0,5} \times 9,5}{0,34 \times \sqrt{\log\left(\frac{234 + 160}{234 + 70}\right)}} = 59\text{mm}^2 \Rightarrow 70\text{mm}^2$$

$$S_{300} = \frac{\sqrt{0,5} \times 5,3}{0,34 \times \sqrt{\log\left(\frac{234 + 160}{234 + 70}\right)}} = 33\text{mm}^2 \Rightarrow 35\text{mm}^2$$

Especificação de Conduitos

- Eletrodutos → vide material de Projetos Prediais
- Eletrocalhas ou bandejas, perfilados e leitos



Plástico



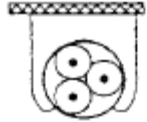
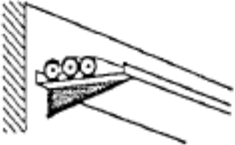
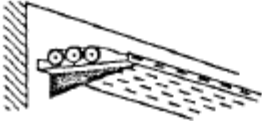
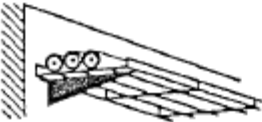
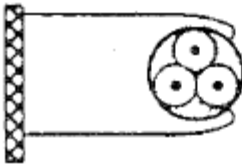

PERFILADOS

ELETROCALHAS

LEITO P/ CABOS

Metálico

MÉTODOS DE INSTALAÇÃO

Método de instalação Número	Esquema ilustrativo	Descrição	Método de referência ¹⁾
11B		Cabos unipolares ou cabo multipolar afastado do teto mais de 0,3 vez o diâmetro do cabo	C
12		Cabos unipolares ou cabo multipolar em bandeja não-perfurada, perfilado ou prateleira ³⁾	C
13		Cabos unipolares ou cabo multipolar em bandeja perfurada, horizontal ou vertical ⁴⁾	E (multipolar) F (unipolares)
14		Cabos unipolares ou cabo multipolar sobre suportes horizontais, eletrocalha aramada ou tela	E (multipolar) F (unipolares)
15		Cabos unipolares ou cabo multipolar afastado(s) da parede mais de 0,3 vez o diâmetro do cabo	E (multipolar) F (unipolares)
16		Cabos unipolares ou cabo multipolar em leito	E (multipolar) F (unipolares)

- Instalação de cabos em bandejas, leitos e prateleiras

O item 6.2.11.3.5, da NBR 5410/04, preconiza que os cabos devem ser instalados, preferencialmente, em camada única. Desta forma, se utiliza a Tabela 42, da NBR5410/04, para determinar o FCA da instalação.

FATORES DE CORREÇÃO APLICÁVEIS A CONDUTORES AGRUPADOS EM FEIXE (EM LINHAS ABERTAS OU FECHADAS) E A CONDUTORES AGRUPADOS NUM MESMO PLANO, EM CAMADA ÚNICA.

ref.	forma de agrupamento dos condutores	número de circuitos ou de cabos multipolares												tabelas dos métodos de referência
		1	2	3	4	5	6	7	8	9 a 11	12 a 15	16 a 19	20	
1	em feixe; ao ar livre ou sobre superfície; embutidos; em condutos fechados	1,00	0,80	0,70	0,65	0,60	0,57	0,54	0,52	0,50	0,45	0,41	0,38	36 a 39 (métodos A a F)
2	camada única sobre parede, piso ou em bandeja não perfurada ou prateleira	1,00	0,85	0,79	0,75	0,73	0,72	0,72	0,71	0,70		0,70		36 a 37 (método C)
3	camada única no teto	0,95	0,81	0,72	0,68	0,66	0,64	0,63	0,62	0,61		0,61		
4	camada única em bandeja perfurada	1,00	0,88	0,82	0,77	0,75	0,73	0,73	0,72	0,72		0,72		38 e 39 (métodos E e
5	camada única sobre leito, suporte, etc.	1,00	0,87	0,82	0,80	0,80	0,79	0,79	0,78	0,78		0,78		

NOTAS:

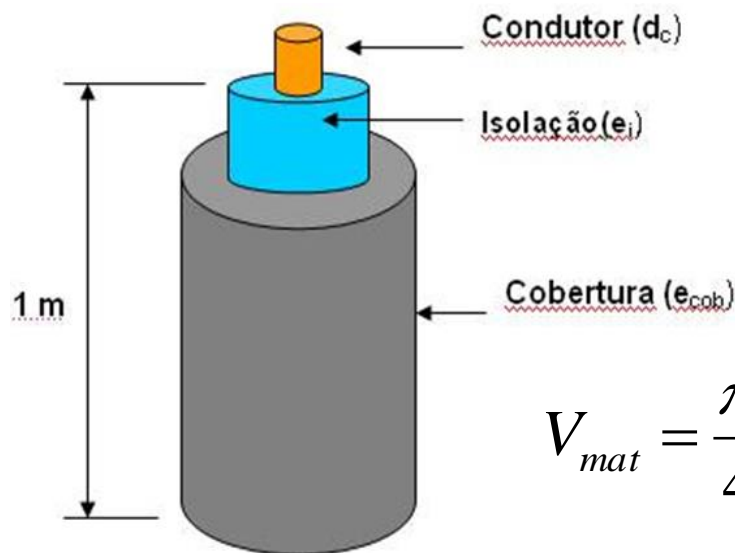
- 1) Esses fatores são aplicáveis a grupos homogêneos de cabos, uniformemente carregados.
- 2) Quando a distância horizontal entre cabos adjacentes for superior ao dobro de seu diâmetro externo, não é necessário aplicar nenhum fator de redução.



Se for necessário utilizar mais de uma camada, a disposição dos cabos deve ser tal, que o volume de material combustível nos cabos (isolação, capa e cobertura) não ultrapasse:

- 3,5 dm³ por metro linear, para cabos de categoria BF (NBR6812);
- 7dm³ por metro linear, para cabos de categoria AF o AF/R (NBR6812).

Observar que a NBR6812 tratava de queima vertical de cabos, porém, em fevereiro de 2005 esta norma foi cancelada e substituída pela NBR60332-3. Com isto, houve uma nova definição de categorias, ficando definido por: Categoria A e A F/R (7 dm³); Categoria B (3,5dm³), categoria C (1,5dm³) e categoria D (0,5 dm³). Portanto a NBR5410/04 está defasada neste quesito.



<http://www.osetoreletrico.com.br>

$$V_{mat} = \frac{\pi}{4} \times \left\{ \left[d_C + 2 \times (e_i + e_{cob}) \right]^2 - d_C^2 \right\} \times 10^{-3} \quad (\text{dm}^3)$$

d_C, e_i e e_{cob} em mm

Seção Nominal do Condutor (mm ²)	Diâmetro Nominal do Condutor (mm)	Espessura Nominal da Isolação (mm)	Espessura Nominal da Cobertura (mm)	Diâmetro externo do Produto (mm)
1 CONDUTOR				
1 x 1,50	1,54	0,80	0,90	4,94
1 x 2,50	1,97	0,80	0,90	5,37
1 x 4,00	2,49	1,00	1,00	6,49
1 x 6,00	3,03	1,00	1,00	7,03
1 x 10,00	3,98	1,00	1,00	7,98
1 x 16,00	4,97	1,00	1,00	8,97
1 x 25,00	6,26	1,20	1,10	10,86
1 x 35,00	7,34	1,20	1,10	11,94
1 x 50,00	8,75	1,40	1,20	13,95
1 x 70,00	10,40	1,40	1,30	15,80
1 x 95,00	12,24	1,60	1,30	18,04
1 x 120,00	13,80	1,60	1,40	19,80
1 x 150,00	15,32	1,80	1,50	21,92
1 x 185,00	17,14	2,00	1,50	24,14
1 x 240,00	19,69	2,20	1,60	27,29

<http://www.copperline.com.br>

FATORES DE CORREÇÃO APLICÁVEIS A AGRUPAMENTOS CONSISTINDO EM MAIS UMA CAMADA DE CONDUTORES - MÉTODOS DE REFERÊNCIA C (TABELAS 36 E 37), E e F (TABELAS 38 E 39).

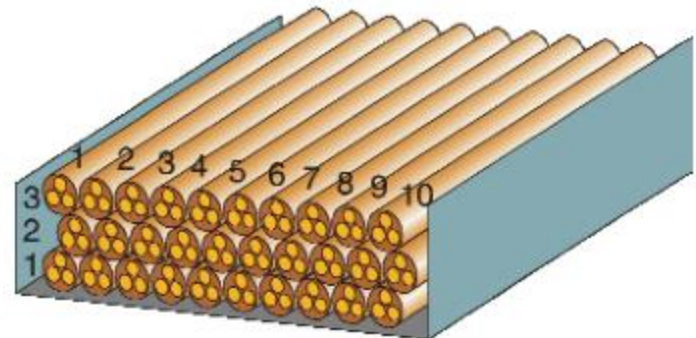
quantidade de circuitos trifásicos ou de cabos multipolares por camada

quantidade de camada	quantidade de circuitos trifásicos ou de cabos multipolares por camada				
	2	3	4 ou 5	6 a 8	9 e mais
2	0,68	0,62	0,60	0,58	0,56
3	0,62	0,57	0,55	0,53	0,51
4 ou 5	0,60	0,55	0,52	0,51	0,49
6 a 8	0,58	0,53	0,51	0,49	0,48
9 e mais	0,56	0,51	0,49	0,48	0,46

(*) De acordo com a tabela 43 da NBR 5410/2004.

NOTAS:

- A) Os fatores são válidos independentemente da disposição da camada, se horizontal ou vertical.
- B) Sobre condutores agrupados em uma única camada, ver tabela 42 (linhas 2 a 5 da tabela).
- C) Se forem necessários valores mais precisos, deve-se recorrer à ABNT NBR 11301.



Fonte: www.google.com.br

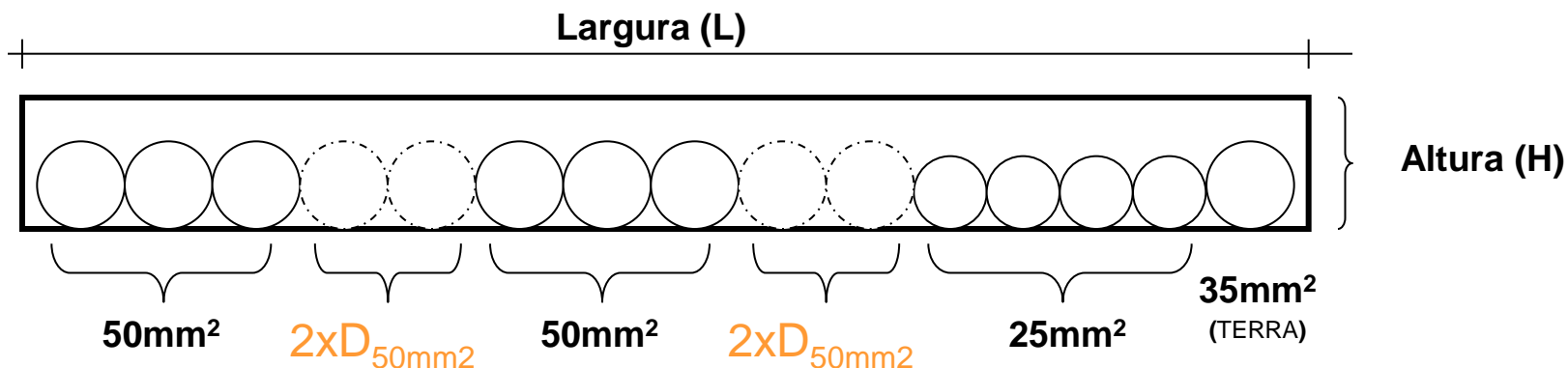
Exemplo:

Dimensionar uma bandeja perfurada para acondicionar a seguinte fiação:

6 cabos de 50mm²; 4 cabos de 25mm²; 1 cabo de 35mm²

Seção Nominal do Condutor (mm ²)	Diâmetro Nominal do Condutor (mm)	Espessura Nominal da Isolação (mm)	Espessura Nominal da Cobertura (mm)	Diâmetro externo do Produto (mm)
1 x 25,00	6,26	1,20	1,10	10,86
1 x 35,00	7,34	1,20	1,10	11,94
1 x 50,00	8,75	1,40	1,20	13,95

Solução I: camada única sem FCA



$$L_{\min} = 3 \times 13,95 + 2 \times 13,95 + 3 \times 13,95 + 2 \times 13,95 + 4 \times 10,88 + 1 \times 11,94$$

$$L_{\min} = 195 \text{ mm}$$

$$H_{\min} = 13,95 \text{ mm}$$

ELETROCALHAS PADRÃO

$$H_{\min} = 13,95mm$$

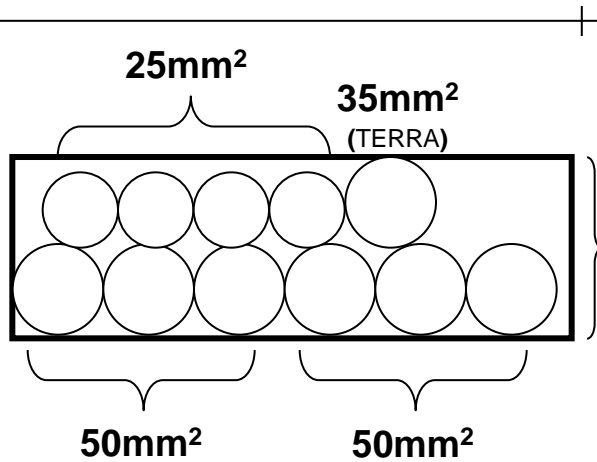
$$L_{\min} = 195mm$$

ALTURA LARGURA	25	50	75	100	125	150	200	250	300
25	* 25/25								
50	* 50/25	50/50							
75	75/25	75/50	75/75						
100	100/25	100/50	100/75	100/100					
125	125/25	125/50	125/75	125/100	125/125				
150	150/25	150/50	150/75	150/100	150/125	150/150			
200	200/25	200/50	200/75	200/100	200/125	200/150	200/200		
250	250/25	250/50	250/75	250/100	250/125	250/150	250/200	250/250	
300	300/25	300/50	300/75	300/100	300/125	300/150	300/200	300/250	300/300
400	400/25	400/50	400/75	400/100	400/125	400/150	400/200	400/250	400/300
500	500/25	500/50	500/75	500/100	500/125	500/150	500/200	500/250	500/300
600	600/25	600/50	600/75	600/100	600/125	600/150	600/200	600/250	600/300
700	700/25	700/50	700/75	700/100	700/125	700/150	700/200	700/250	700/300
800	800/25	800/50	800/75	800/100	800/125	800/150	800/200	800/250	800/300

<http://www.valemam.com.br>

Solução II: Duas camada

Largura (L)



$$H_{\min} = 13,95 + 11,94 = 25,9mm$$

$$L_{\min} = 6 \times 13,95 = 83,7mm$$

Altura (H)

$$V_{mat} = \frac{\pi}{4} \times \left\{ [d_C + 2 \times (e_i + e_{cob})]^2 - d_C^2 \right\} \times 10^{-3}$$

Seção Nominal do Condutor (mm ²)	Diâmetro Nominal do Condutor (mm)	Espessura Nominal da Isolação (mm)	Espessura Nominal da Cobertura (mm)
1 x 25,00	6,26	1,20	1,10
1 x 35,00	7,34	1,20	1,10
1 x 50,00	8,75	1,40	1,20

$$V_{50} = \frac{\pi}{4} \times \left\{ [8,75 + 2 \times (1,4 + 1,2)]^2 - 8,75^2 \right\} \times 10^{-3} = 0,093dm^3$$

$$V_{35} = \frac{\pi}{4} \times \left\{ [7,34 + 2 \times (1,2 + 1,1)]^2 - 7,34^2 \right\} \times 10^{-3} = 0,089dm^3$$

$$V_{25} = \frac{\pi}{4} \times \left\{ [6,26 + 2 \times (1,2 + 1,1)]^2 - 6,26^2 \right\} \times 10^{-3} = 0,079dm^3$$

$$V_{mat} = 6 \times V_{50} + 1 \times V_{35} + 4 \times V_{25}$$

$$V_{mat} = 6 \times 0,093 + 1 \times 0,089 + 4 \times 0,079$$

$$V_{mat} = 0,963dm^3$$

$$0,963dm^3 \leq 3,5dm^3 \text{ (categoria B)}$$

Especificação da Bandeja

$H_{\min} = 25,9\text{mm}$

$L_{\min} = 83,7\text{mm}$

ALTURA \ LARGURA	25	50	75	100	125	150
25	* 25/25					
50	* 50/25	50/50				
75	75/25	75/50	75/75			
100	100/25	100/50	100/75	100/100		
125	125/25	125/50	125/75	125/100	125/125	
150	150/25	150/50	150/75	150/100	150/125	150/150

<http://www.valemam.com.br>

