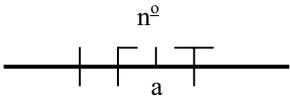
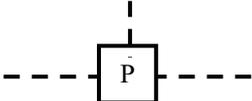
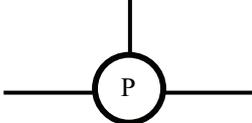
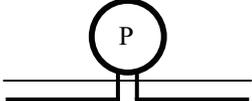
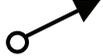
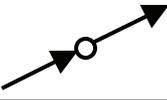
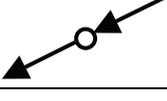


SUMÁRIO

1.	SIMBOLOGIA E CONVENÇÕES	3
2.	ESQUEMAS FUNDAMENTAIS DE LIGAÇÕES	6
3.	PROJETO	12
3.1.	<i>Análise inicial</i>	12
3.2.	<i>Caracterização do fornecimento de energia</i>	13
4.	CÁLCULO LUMINOTÉCNICO	14
4.1.	<i>Definições</i>	14
4.2.	<i>Roteiro de Cálculo</i>	16
4.3.	<i>Método Rápido para Dimensionamento de Iluminação de Escritórios</i>	19
4.4.	<i>Recomendações da NBR 5410/97</i>	22
4.5.	<i>Marcação dos pontos de luz</i>	23
5.	MARCAÇÃO DOS PONTOS DE UTILIZAÇÃO	24
6.	DIVISÃO DA INSTALAÇÃO EM SETORES / CENTRO DE CARGA	27
7.	SELEÇÃO E DIMENSIONAMENTO DOS CONDUTORES	28
7.1.	<i>Seção mínima</i>	28
7.2.	<i>Capacidade de condução de corrente</i>	31
7.3.	<i>Queda de tensão</i>	49
7.4.	<i>Sobrecarga</i>	58
8.	SELEÇÃO E DIMENSIONAMENTO DOS PROTEÇÕES	59
9.	SELEÇÃO E DIMENSIONAMENTO DOS ELETRODUTOS	61
10.	CÁLCULO DA DEMANDA	66
10.1.	<i>Carga Instalada</i>	66
10.2.	<i>Determinação da Demanda</i>	68
11.	COMPONENTES DO ATERRAMENTO DE PROTEÇÃO	74
12.	BIBLIOGRAFIA	79

1. SIMBOLOGIA E CONVENÇÕES

Dutos e distribuição

Símbolo	Significado	Observações
	Eletroduto embutido no teto ou parede.	Só indicar a dimensão dos eletrodutos menos comuns na instalação. O mais comum para cada caso tem a sua dimensão indicada na legenda.
	Eletroduto embutido no piso.	
	Tubulação para telefone externo.	
	Tubulação para telefone interno.	
	Tubulação para campainha, som, anunciador, ou outro sistema.	
	Condutor fase, neutro, de retorno e de proteção respectivamente, no interior do eletroduto.	Cada traço representa um condutor. Indicar o nº do circuito e a designação do retorno por uma letra minúscula.
	Caixa de passagem no piso.	Indicar dimensões na legenda ou junto à caixa (em mm).
	Caixa de passagem no teto.	
	Caixa de passagem na parede.	
	Circuito que sobe	
	Circuito que desce	
	Circuito que passa subindo	
	Circuito que passa descendo	

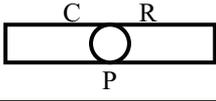
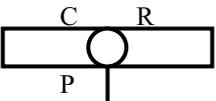
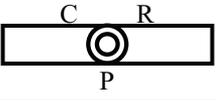
Quadros de distribuição

Símbolo	Significado	Observações
	Quadro terminal de luz e força aparente.	Indicar as cargas de luz e força no quadro de cargas.
	Quadro terminal de luz e força embutido.	
	Quadro geral de luz e força aparente.	
	Quadro geral de luz e força embutido.	
	Caixa de telefone.	

Interruptores

Símbolo	Significado	Observações
	S^a	Interruptor de uma seção.
	$S_2^{a,b}$	Interruptor de duas seções.
	$S_3^{a,b,c}$	Interruptor de três seções.
	S_{3w}^a	Interruptor paralelo (<i>tree-way</i>).
	S_{4w}^a	Interruptor intermediário (<i>four-way</i>).
		Botão de minuteria.
		Botão de campainha na parede.

Luminárias

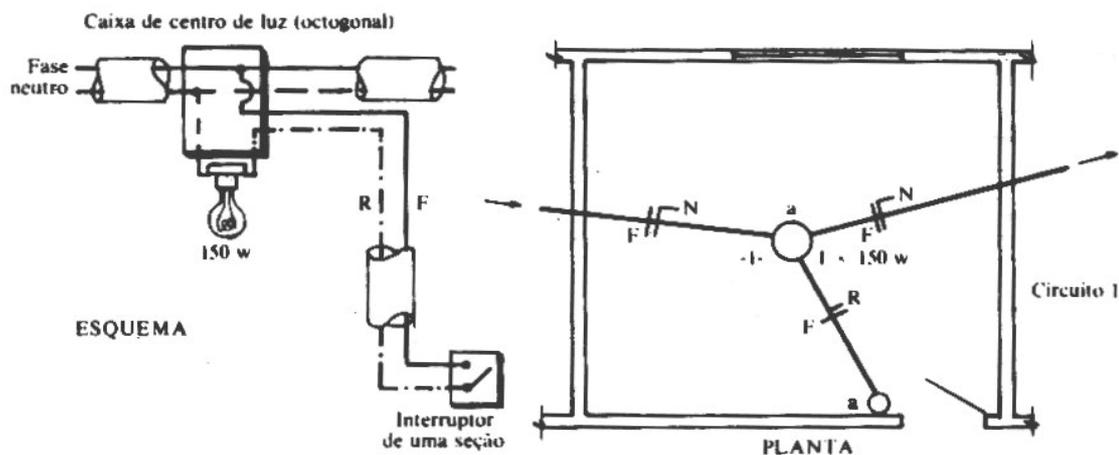
Símbolo	Significado	Observações
	Ponto de luz incandescente no teto.	C = circuito; R = retorno; P = potência.
	Ponto de luz incandescente na parede (arandela).	
	Ponto de luz incandescente no teto (embutido).	
	Ponto de luz fluorescente no teto.	
	Ponto de luz fluorescente na parede.	
	Ponto de luz fluorescente no teto (embutido).	

Tomadas e pontos de utilização

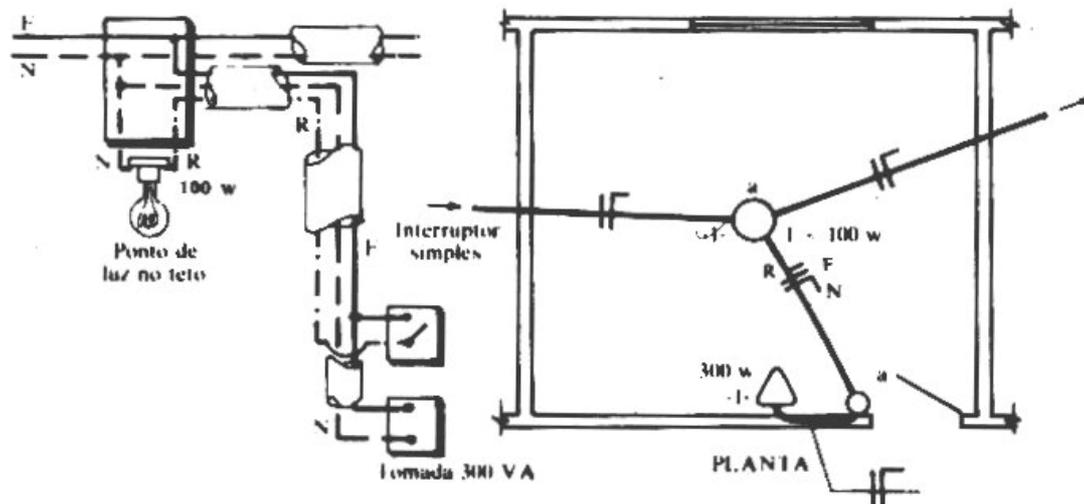
Símbolo	Significado	Observações
	Tomada baixa (0,30m do piso)	A potência deve ser indicada ao lado em VA (exceto se for 100VA). Se a altura for diferente da normalizada, também deverá ser indicado. Tomadas para motores e aparelhos de ar-condicionado devem indicar os HP (ou CV) ou BTU respectivos.
	Tomada média (1,30m do piso)	
	Tomada alta (2,00m do piso)	
	Tomada no piso	
	Campainha	

2. ESQUEMAS FUNDAMENTAIS DE LIGAÇÕES

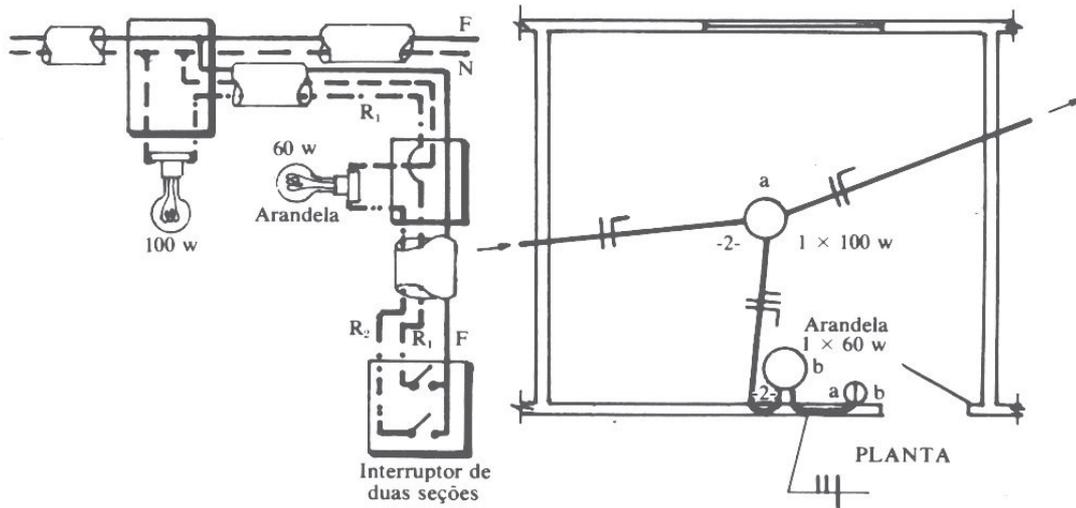
Os esquemas apresentados a seguir representam trechos constitutivos de um circuito de iluminação e tomadas, e poderiam ser designados como “subcircuitos” ou circuitos parciais. O condutor neutro é sempre ligado ao receptáculo da lâmpada e à tomada. O condutor fase alimenta o interruptor e a tomada. O condutor de retorno liga o interruptor ao receptáculo da lâmpada.



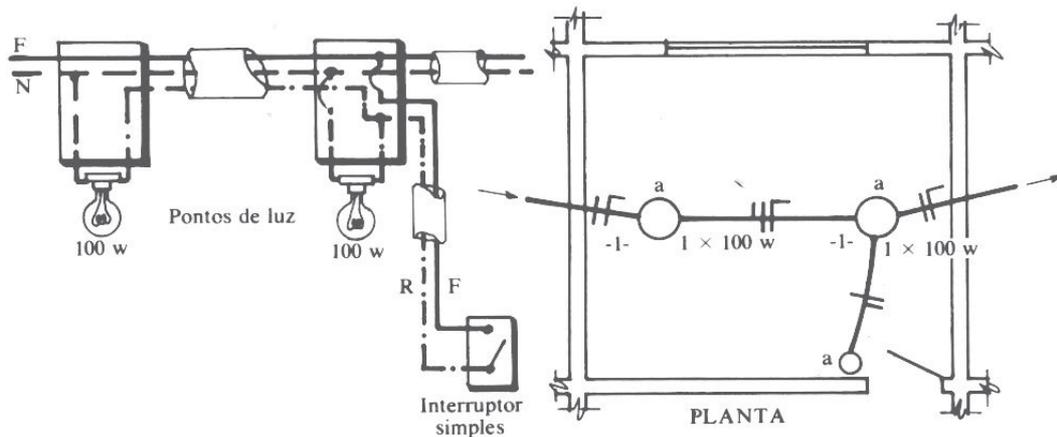
Ponto de luz e interruptor de uma seção



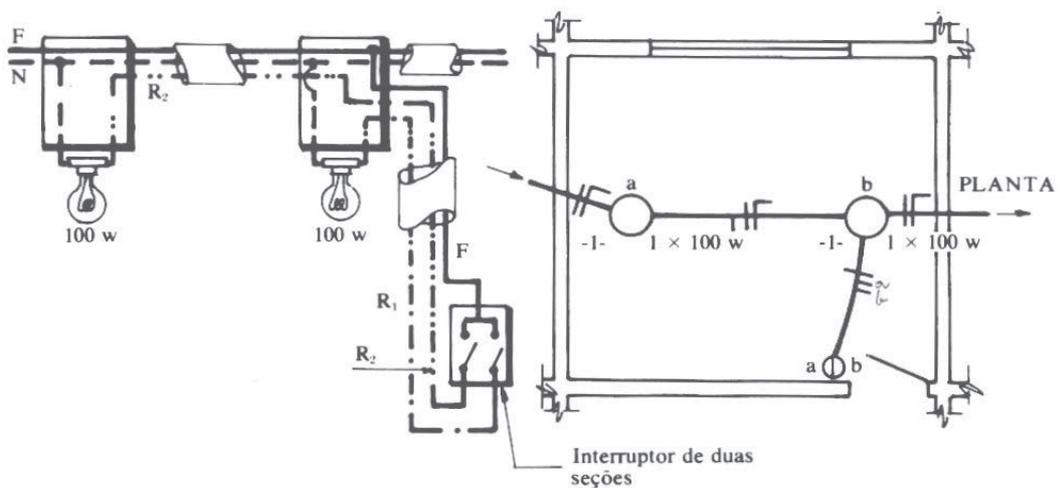
Ponto de luz, interruptor de uma seção e tomada baixa



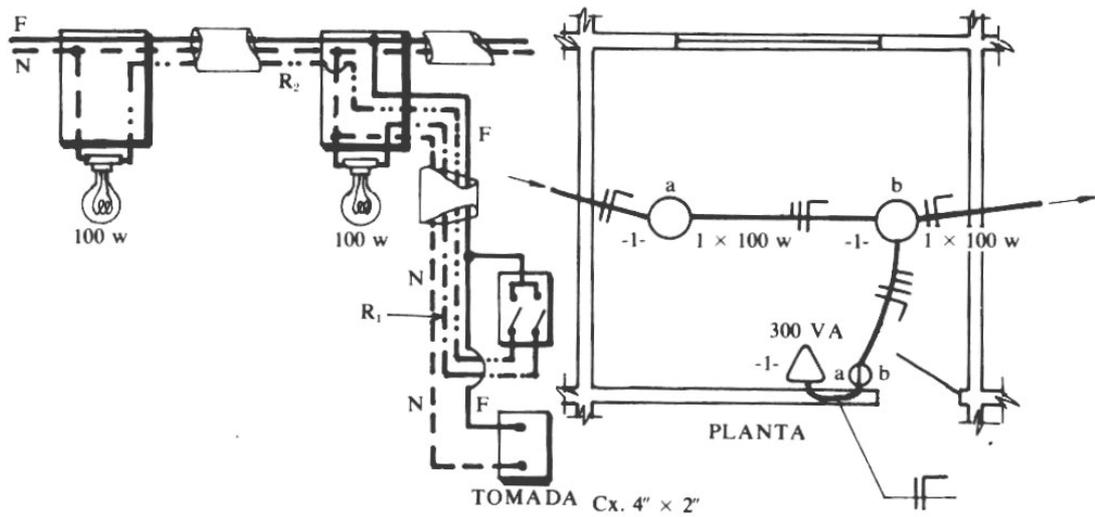
Ponto de luz no teto, arandela e interruptor de duas seções.



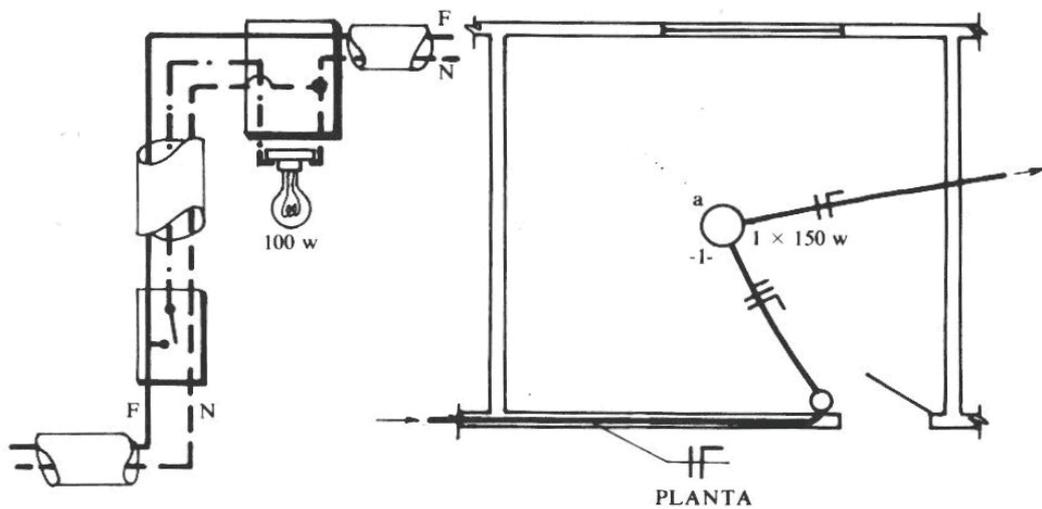
Dois pontos de luz comandados por um interruptor de duas seções



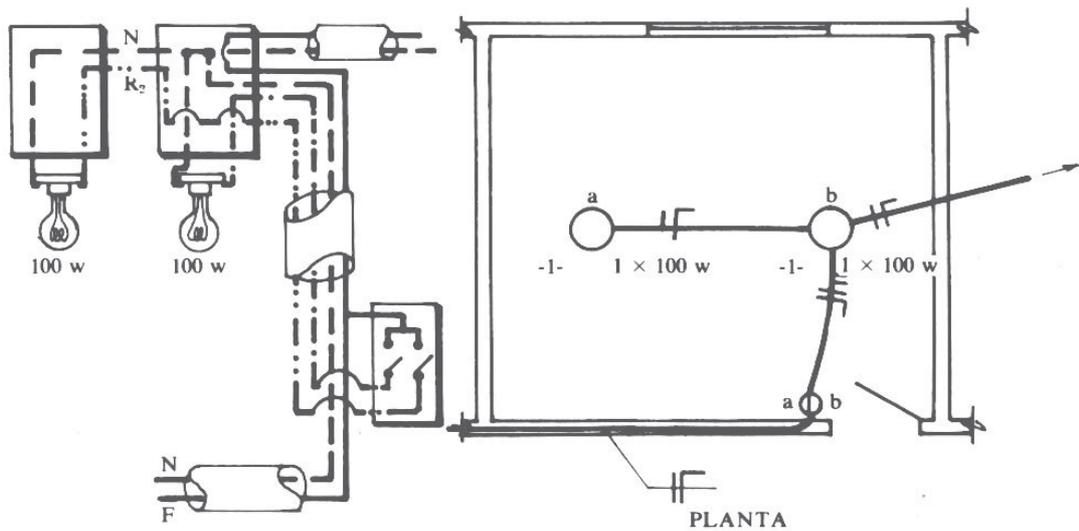
Dois pontos de luz comandados por um interruptor de duas seções



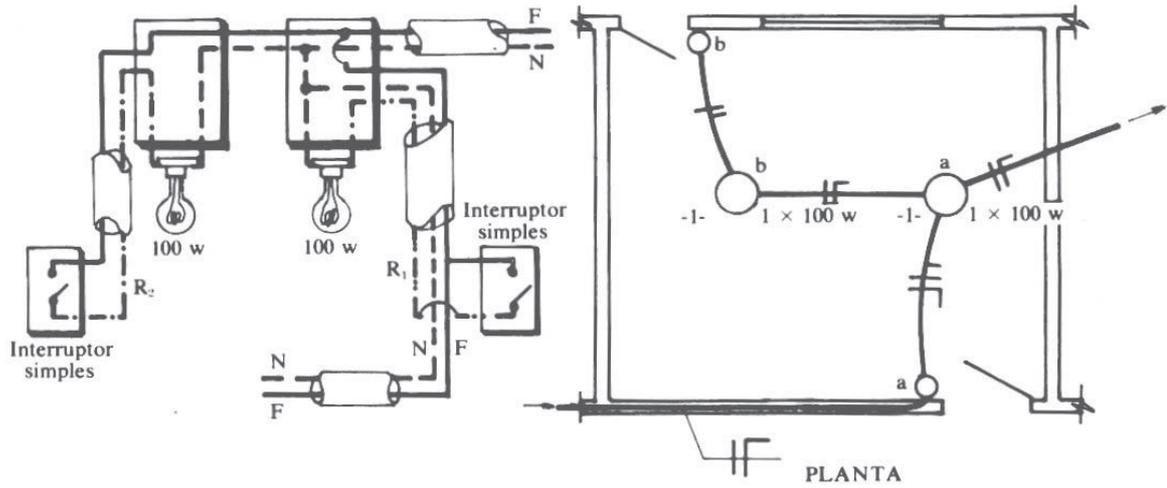
Dois pontos de luz comandados por um interruptor de duas seções e tomada.



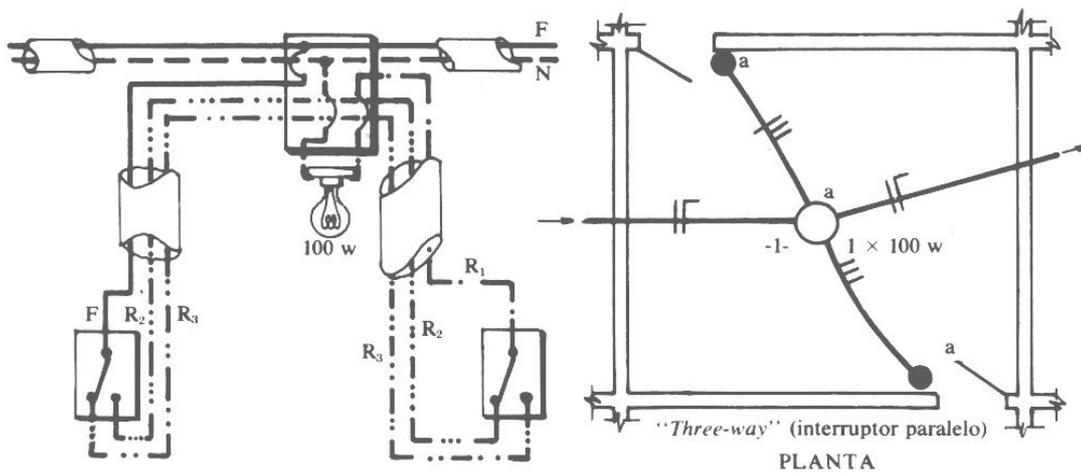
Lâmpada comandada por interruptor de uma seção, pelo qual chega alimentação.



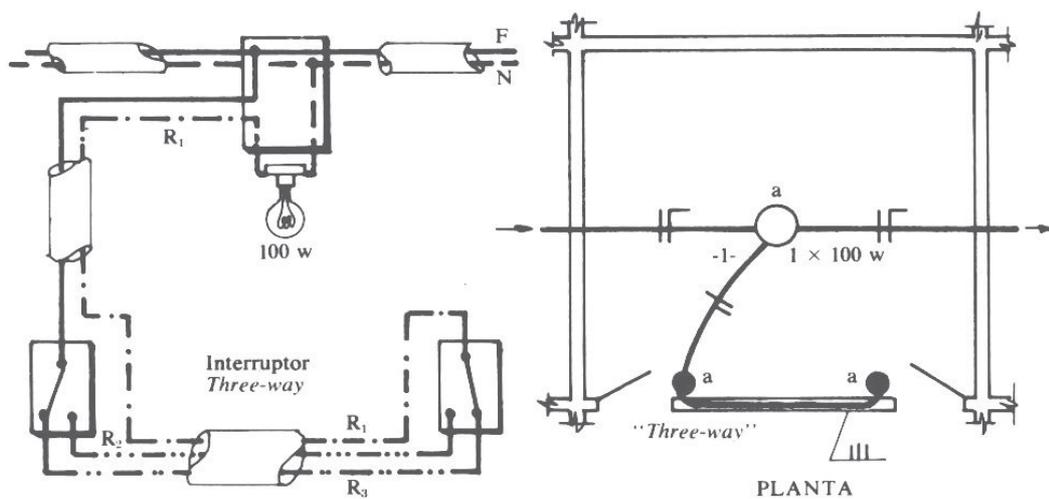
Dois lâmpadas acesas por um interruptor de duas seções, pelo qual chega a alimentação.



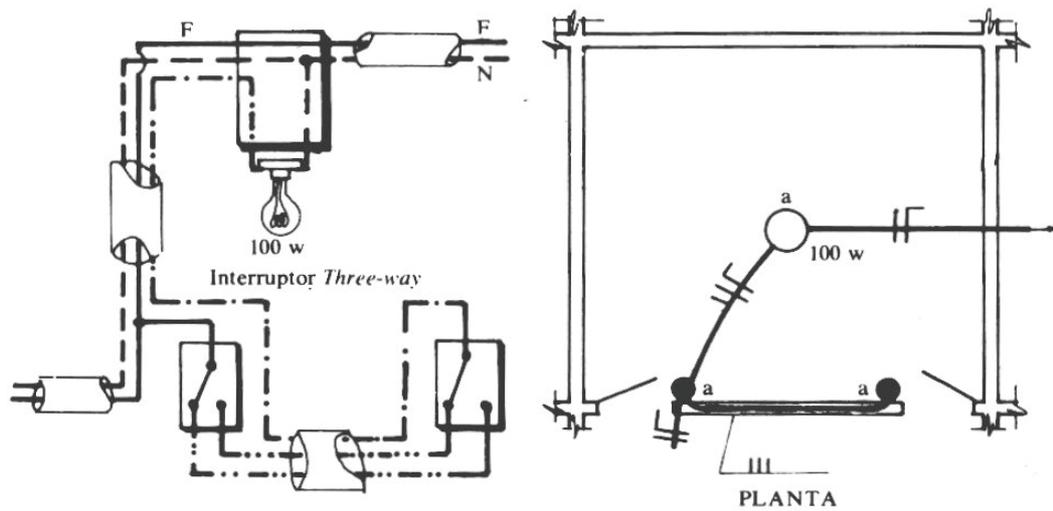
Duas lâmpadas comandadas por interruptores independentes, de uma seção cada.



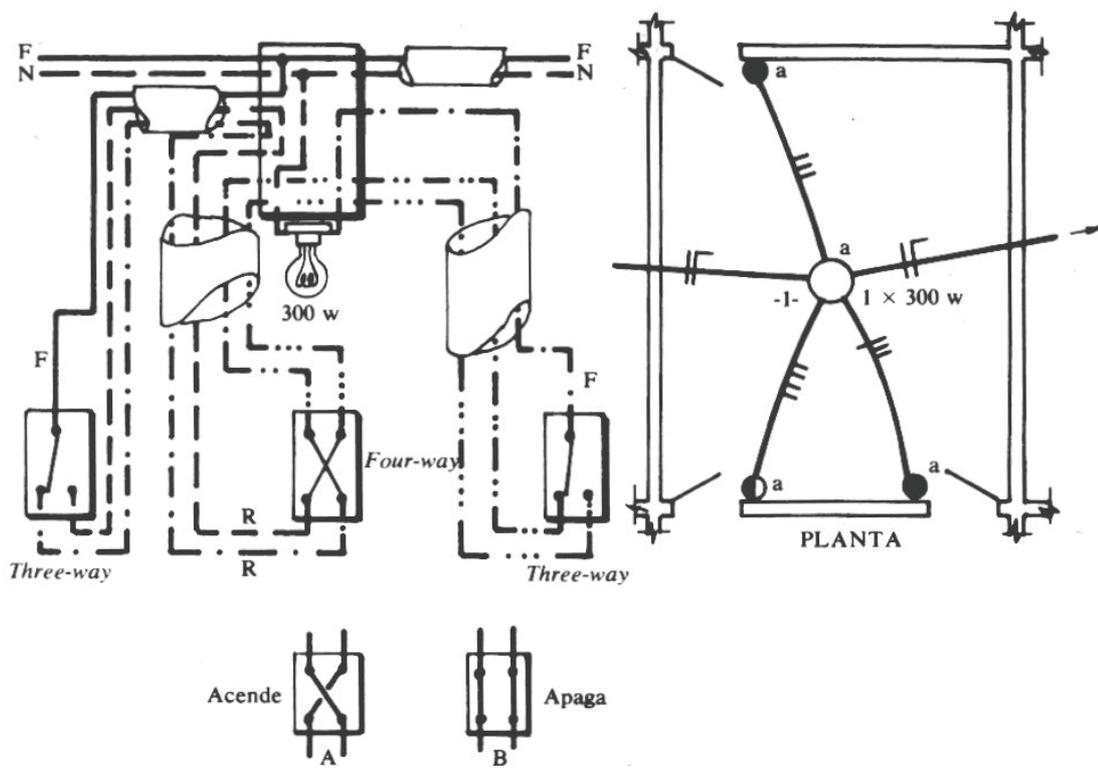
Lâmpada comandada por *three-way*



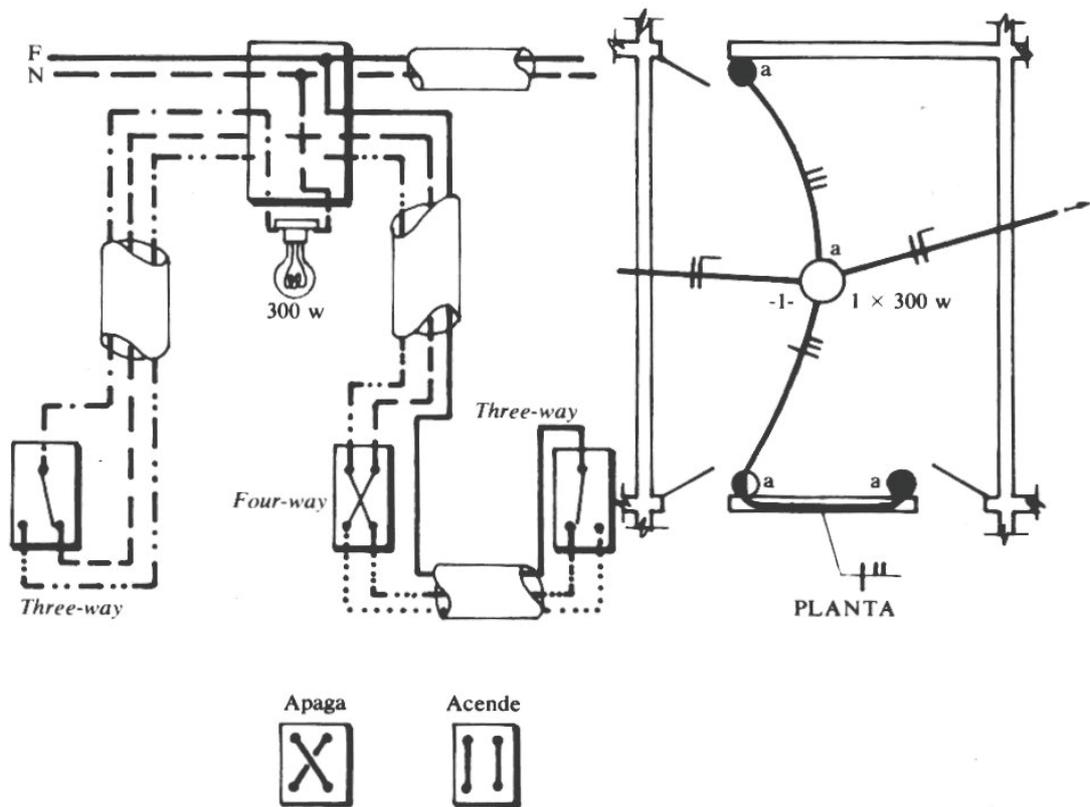
. Lâmpada comandada por *three-way*.



Lâmpada comandada por *three-way*.



Lâmpada comandada por *three-way* e *four-way*.



Lâmpada comandada por *three-way* e *four-way*.

3. PROJETO

Projetar uma instalação elétrica, para qualquer tipo de prédio ou local consiste essencialmente em selecionar, dimensionar e localizar, de maneira racional, os equipamentos e outros componentes necessários a fim de proporcionar, de modo seguro e efetivo, a transferência de energia da fonte até os pontos de utilização.

Convém lembrar que o projeto de instalações elétricas é apenas um dos vários projetos necessários à construção de um prédio e, assim, sua elaboração deve ser conduzida em perfeita harmonia com os demais projetos (arquitetura, estruturas, tubulações, etc.).

Passamos agora a enumerar as etapas que devem ser seguidas num projeto de instalações elétricas prediais, válidas em princípio, para qualquer tipo de prédio (industrial, residencial, comercial, etc.).

A ordem indicada é a geralmente seguida pelos projetistas de empresas de engenharia. No entanto, é bom frisar que, em muitos casos, não só a ordem pode ser alterada, como também etapas podem ser suprimidas ou ainda duas ou mais etapas podem vir a ser fundidas numa única.

3.1. Análise Inicial

É a etapa preliminar do projeto de instalações elétricas de qualquer prédio. Nela são colhidos os dados básicos que orientarão a execução do trabalho. Consiste, em princípio, nos passos descritos a seguir:

- Determinação do uso previsto para todas as áreas do prédio;
- Determinação do *layout* dos equipamentos de utilização previstos;
- Levantamento das características elétricas dos equipamentos;
- Classificação das áreas quanto às influências externas;
- Definição do tipo de linha elétrica a utilizar;
- Determinar equipamentos que necessitam de energia de substituição;
- Determinar setores que necessitam de iluminação de segurança;
- Determinar equipamentos que necessitam de energia de segurança;
- Determinar a resistividade do solo;
- Realizar uma estimativa inicial da potência instalada e de alimentação globais;
- Definir a localização preferencial da entrada de energia.

3.2. Caracterização do fornecimento de energia

Neta etapa deverão ser determinadas as condições em que o prédio será alimentado em condições normais.

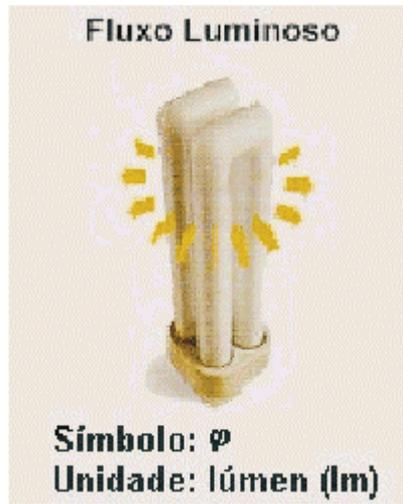
Assim, nesta fase é imprescindível conhecer os regulamentos locais de fornecimento de energia e, quase sempre, estabelecer contato com o concessionário, a fim de determinar:

- Tipo de sistema de distribuição e de entrada;
- Localização da entrada de energia;
- Tensão de fornecimento;
- Padrão de entrada e medição a ser utilizado (cabina primária, cabina de barramentos, caixas de entrada, um ou mais centros de medição, etc.), em função da potência instalada, das condições de fornecimento e do tipo de prédio;
- Nível de curto-circuito no ponto de entrega.

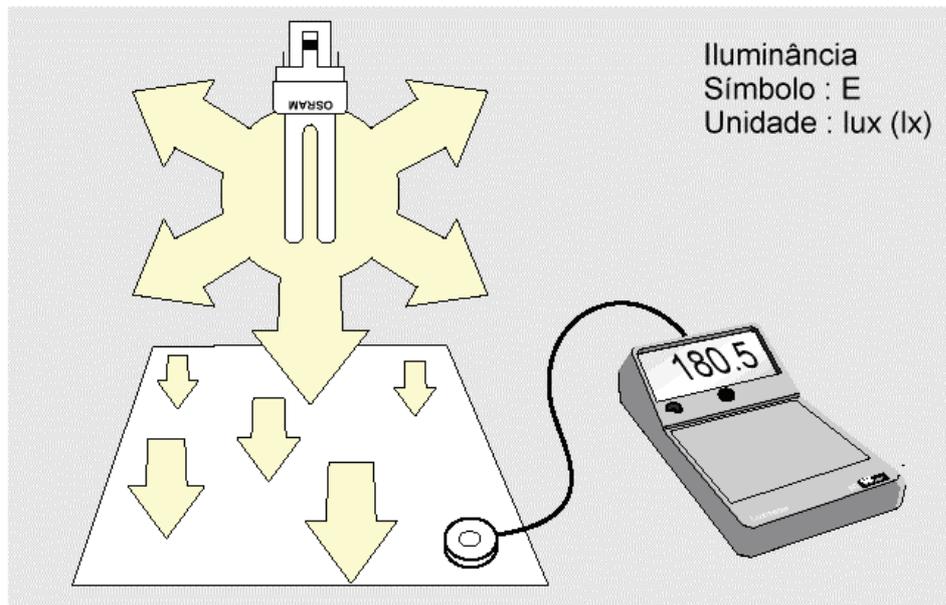
4. CÁLCULO LUMINOTÉCNICO

4.1. Definições

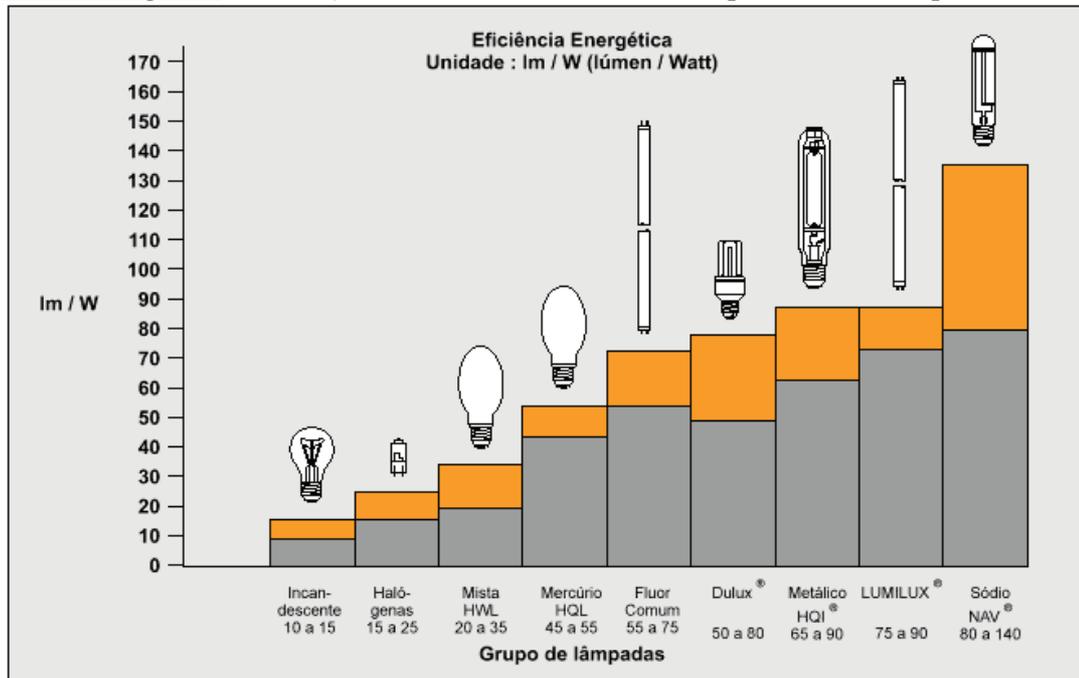
- Fluxo luminoso (ϕ): é a quantidade de luz emitida por uma fonte, medida em lúmens (lm), na tensão nominal de funcionamento.



- Iluminância (E): relaciona a luz que uma lâmpada irradia com a superfície na qual ela incide. É medida em lux (lx).



- Eficiência energética: é a relação entre o fluxo luminoso e a potência da lâmpada.



- Refletância (Fator de Reflexão): define a relação entre a quantidade de luz refletida e a quantidade de luz incidente em uma determinada superfície.

Refletâncias das diversas cores:	
Branco	75 a 85%
Marfim	63 a 80%
Creme	56 a 72%
Amarelo claro	65 a 75%
Marrom	17 a 41%
Verde claro	50 a 65%
Verde escuro	10 a 22%
Azul claro	50 a 60%
Rosa	50 a 58%
Vermelho	10 a 20%
Cinza	40 a 50%

4.2. Roteiro de Cálculo

- Escolha do tipo de lâmpada e luminária (levar em consideração os efeitos de luz e sombras, a reprodução de cores, a tonalidade de cor da luz, o calor gerado pela iluminação, o ruído, etc.);
- Escolha da iluminância (E) adequada para o local (iluminâncias recomendadas pela NBR 5413);

ATIVIDADE	ILUMINÂNCIAS (lx)
Mínimo para ambiente de trabalho	150
Tarefas visuais simples e variadas	250 a 500
Observações contínuas de detalhes médios e finos (trabalho normal)	500 a 1000
Tarefas visuais contínuas e precisas (trabalho fino)	1000 a 2000
Trabalho muito fino	Acima de 2000

- Cálculo do *fator do local* (K)

Fator do local (Fator de Área) é a relação entre as dimensões do local, e é dado calculado pela fórmula mostrada a seguir:

$$K = \frac{a \cdot b}{h(a + b)}$$

onde:

a = comprimento do recinto;

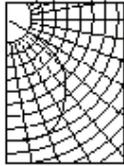
b = largura do recinto;

h = pé-direito útil (altura de montagem da luminária em relação ao plano de trabalho)

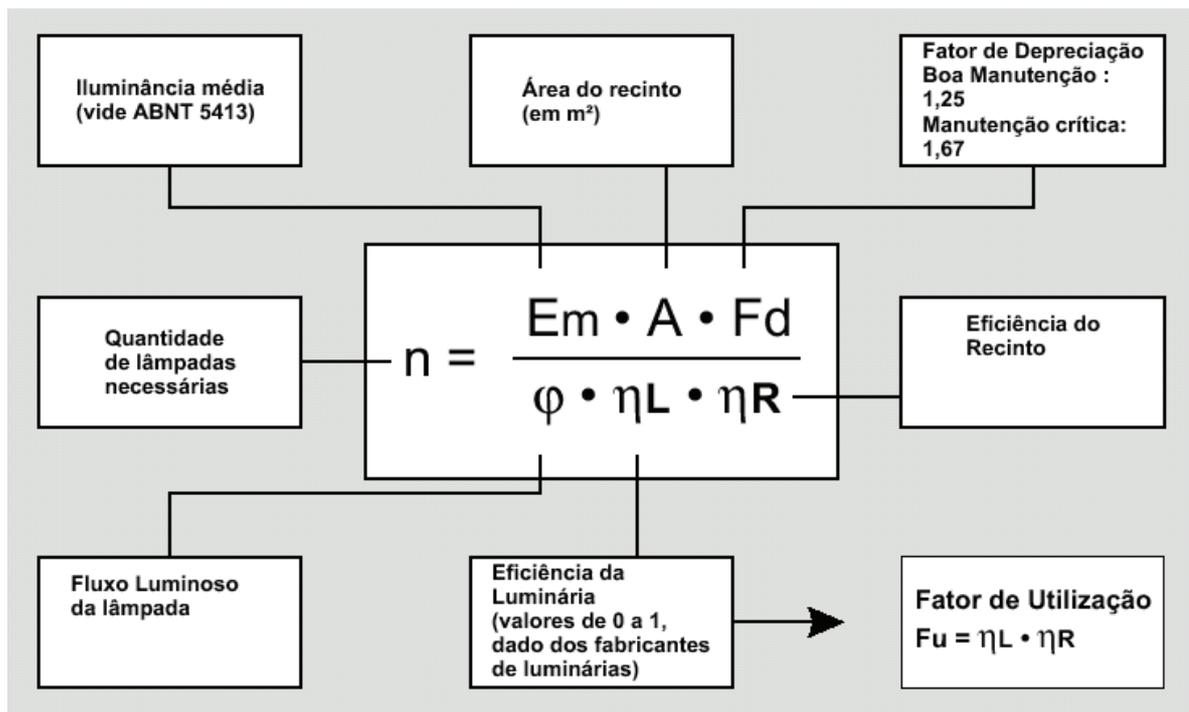


- Determinação da *eficiência do recinto* (η_R): uma vez calculado o índice do recinto (K), procura-se identificar os valores da refletância do teto, paredes e piso. Escolhe-se a indicação de Curva de Distribuição Luminosa que mais se assemelha à da luminária a ser utilizada no projeto. Na interseção da coluna de Refletâncias e linha de Índice do Recinto encontra-se o valor da *eficiência do recinto* (η_R).

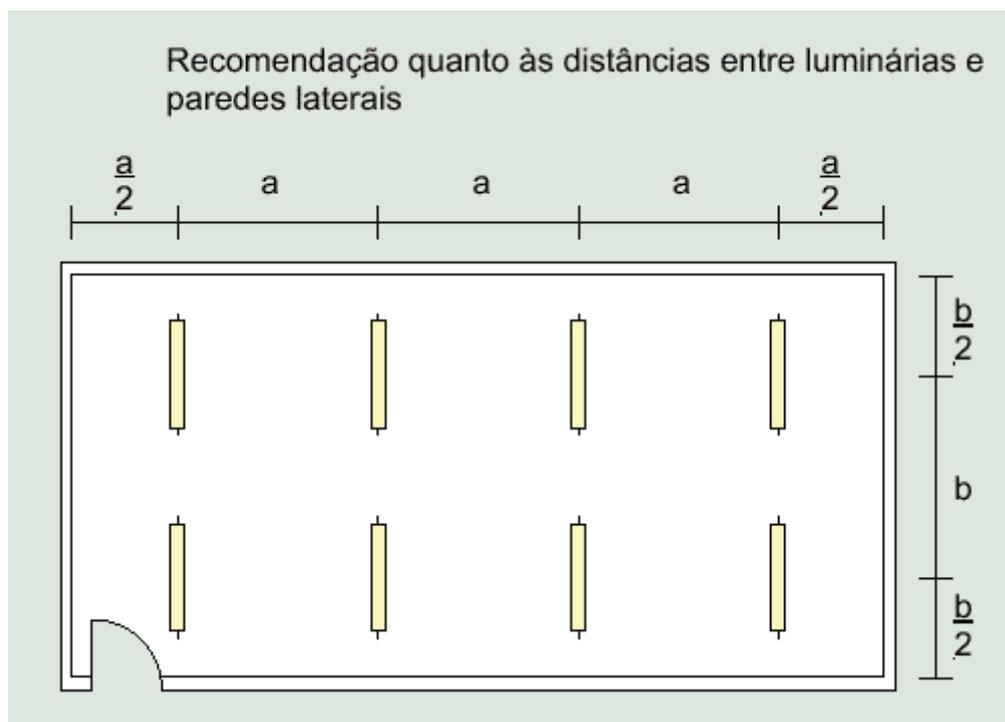
Luminária	Refletâncias													
	Teto ρ_1	0,8			0,5			0,8			0,5			0,3
	Parede ρ_2	0,8	0,5	0,3	0,5	0,3	0,8	0,5	0,3	0,5	0,3	0,3		
Piso ρ_3	0,3						0,1							
Índice do Recinto	K													
A 1.2	0,6	0,72	0,48	0,42	0,47	0,42	0,68	0,47	0,41	0,47	0,41	0,40		
	0,8	0,85	0,61	0,54	0,59	0,53	0,80	0,59	0,53	0,58	0,52	0,52		
	1	0,94	0,69	0,62	0,67	0,61	0,87	0,67	0,61	0,65	0,60	0,59		
	1,25	1,01	0,78	0,71	0,75	0,69	0,92	0,75	0,68	0,73	0,68	0,66		
	1,5	1,05	0,83	0,75	0,80	0,74	0,96	0,80	0,73	0,77	0,72	0,71		
	2	1,11	0,91	0,84	0,87	0,81	1,00	0,86	0,80	0,84	0,79	0,78		
	2,5	1,15	0,97	0,90	0,92	0,87	1,02	0,91	0,85	0,88	0,83	0,82		
	3	1,18	1,02	0,96	0,96	0,91	1,04	0,94	0,89	0,91	0,87	0,86		
	4	1,21	1,09	1,02	1,02	0,96	1,05	0,97	0,94	0,95	0,91	0,90		
	5	1,23	1,12	1,06	1,04	1,00	1,06	1,00	0,96	0,97	0,94	0,92		



- e. Determinação da *eficiência da luminária* (η_L): é um dado fornecido nos catálogos das luminárias
- f. Determinação do *fator de utilização* (F_u): é o produto da *eficiência do recinto* pela *eficiência da luminária*. Alguns catálogos, ao invés de fornecerem uma Tabela para determinação da *eficiência do recinto*, fornecem este valor já multiplicado pela *eficiência da luminária*, ou seja, já fornecem o *fator de utilização*.
- g. Cálculo da quantidade de luminárias



h. Distribuição das luminárias



Exemplo de aplicação:

Projetar o sistema de iluminação para uma sala com 20 metros de comprimento, 10 metros de largura e 3 metros de pé-direito. A sala será utilizada como escritório contendo escrivaninhas de 0,80 metros de altura. As luminárias serão de sobrepor, do tipo TCS 312 da Philips para duas lâmpadas fluorescentes tubulares tipo TLD de 32W da mesma marca. A luminária é mostrada na Figura 1, tendo sua tabela de fatores de utilização apresentada na Figura 2. O teto está pintado de branco, as paredes de azul claro e o chão esta revestido com piso na cor marrom. Espera-se que a iluminância obtida seja da ordem de 350lux. Sabe-se que o fluxo luminoso emitido pelas lâmpadas TLD de 32W é igual a 3200 lúmens.



Figura 1 - Luminária TCS 312 da Philips

Tabela de Fator de Utilização - TCS 312 - 2 x TLD 32 W

Fator de Área K	80			70			50		30		0
	50	50	30	50	50	30	30	10	30	10	0
	30	10	10	30	10	30	10	10	10	10	0
0.60	.39	.37	.32	.39	.37	.33	.32	.29	.32	.29	.27
0.80	.48	.45	.40	.47	.44	.41	.39	.36	.39	.36	.34
1.00	.54	.50	.46	.53	.50	.47	.45	.42	.44	.41	.40
1.25	.60	.55	.51	.59	.55	.54	.50	.47	.49	.47	.45
1.50	.65	.59	.55	.64	.58	.58	.54	.51	.53	.51	.49
2.00	.72	.64	.61	.70	.63	.65	.59	.57	.58	.56	.55
2.50	.76	.67	.64	.74	.66	.70	.63	.61	.62	.60	.58
3.00	.79	.69	.66	.77	.68	.73	.65	.63	.64	.62	.61
4.00	.82	.71	.69	.80	.70	.77	.67	.66	.66	.65	.63
5.00	.85	.73	.71	.82	.72	.79	.69	.68	.68	.67	.65

Figura 2

4.3. Método Rápido Para Dimensionamento De Iluminação De Escritórios (Philips)

Comprovadamente uma boa iluminação aumenta a produtividade de seus funcionários, reduzindo a fadiga, o cansaço visual e o índice de erros, além de economizar energia elétrica. Para obter todos os benefícios que uma boa iluminação oferece devemos sempre levar em consideração um sistema eficiente de qualidade.

Um sistema econômico utiliza lâmpadas e reatores de última geração e luminárias desenvolvidas para responder com o melhor rendimento possível, pois a função da luminária é a de dirigir a luz de forma eficaz para as áreas a serem iluminadas, evitando perdas.

Veja, a seguir, a luminária (PHILIPS) mais adequada para o seu escritório e alguns cálculos para iluminar corretamente, obtendo todas as vantagens de economia que uma boa iluminação oferece.

Luminária TBS /TCS 910

Refletores e aletas parabólicos em alumínio anodizado brilhante. Desenvolvida para as lâmpadas fluorescentes de última geração, TL5 para 2 x 28W ou 4 x 14w.

Excelente rendimento: 74% para 2 x 28W e 71% para 4 x 14W, garantindo instalação com menos luminárias.

Excelente conforto visual, evitando reflexões diretas ou indiretas através das tetras de micro.



Luminária TBS / TCS 029

Refletores e aletas pintadas em branco. Bom rendimento: 63% para 2 x 32W. Simples, garantindo baixo investimento inicial.



Luminária TBS / TCS 312

Refletores parabólicos em alumínio anodizado brilhante. Excelente rendimento: 72% para 2 x 32W, garantindo a instalação com menos luminárias. Aletas brancas. Muito conforto visual.

Luminária TBS / TCS 100

Refletores e aletas parabólicos em alumínio anodizado brilhante. Bom rendimento: 58 % para 2 x 32W. Excelente conforto visual, evitando reflexões diretas ou indiretas através das telas de micro.



Luminária TBS / TCS 910 / 232

Refletores e aletas parabólicos em alumínio anodizado brilhante. Muito bom rendimento: 64 % para 2 x 32W. Excelente conforto visual, evitando reflexões diretas ou indiretas através das telas de micro.

Roteiro de Dimensionamento:

Como é seu escritório?

CATEGORIA
I - atividades de leitura / escrita
II - atividades com média utilização de computadores
III - atividades com grande utilização de computadores
IV - atividades com grande utilização de computadores e design sofisticado

Escolha a luminária adequada

Categoria	Luminária Embutida	Luminária Sobreposta
I	TBS 029	TCS 029
II	TBS 312	TCS 312
III	TBS 100 ou TBS 910 / 232	TCS 100 ou TCS 910 / 232
IV	TBS 910	TCS 910

VEJA QUANTAS LUMINÁRIAS VOCÊ PRECISA

Tabela de Projetos - Metragem x Número de luminárias + Nível Médio de Iluminação (lux)

Tamanho (m)	TBS 029	TBS 312	TBS 100	TBS 910 / 232	TBS 910 / 228	TBS910 / 414
2,5 x 2,5	3 (560 lux)	2 (541 lux)	2 (535 lux)	2 (534 lux)	2 (555 lux)	2 (556 lux)
2,5 x 5,0	5 (570 lux)	3 (515 lux)	4 (610 lux)	4 (635 lux)	3 (501 lux)	4 (622 lux)
2,5 x 7,5	6 (507 lux)	6 (708 lux)	6 (655 lux)	6 (669 lux)	6 (703 lux)	6 (658 lux)
4,0 x 5,0	6 (520 lux)	4 (504 lux)	6 (699 lux)	6 (703 lux)	4 (502 lux)	6 (688 lux)
4,0 x 7,5	8 (500 lux)	6 (540 lux)	8 (626 lux)	6 (509 lux)	6 (541 lux)	8 (653 lux)
4,0 x 10,0	12 (579 lux)	8 (549 lux)	10 (610 lux)	8 (546 lux)	8 (546 lux)	8 (511 lux)
5,0 x 5,0	8 (575 lux)	6 (628 lux)	6 (567 lux)	6 (601 lux)	6 (631 lux)	6 (587 lux)
5,0 x 7,5	10 (537 lux)	8 (599 lux)	8 (530 lux)	8 (572 lux)	8 (601 lux)	8 (557 lux)
5,0 x 10,0	12 (502 lux)	10 (581 lux)	10 (518 lux)	10 (553 lux)	9 (542 lux)	10 (541 lux)
7,5 x 7,5	15 (583 lux)	9 (502 lux)	12 (555 lux)	12 (602 lux)	12 (500 lux)	12 (589 lux)
10,0 x 10,0	24 (568 lux)	15 (501 lux)	20 (550 lux)	18 (547 lux)	15 (502 lux)	20 (587 lux)

OBS.:

Altura até o teto (pé direito): 2,80 metros

Plano de trabalho: 0,80 metros

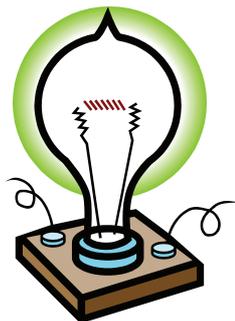
Índice de Reflexão: 50 % Teto (cor clara), 30 % parede (cor média) e 10 % piso (cor escura)

Fator de Manutenção: 0,85

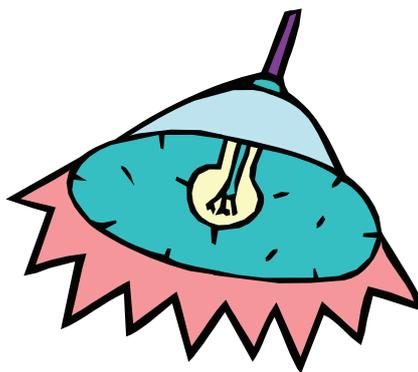
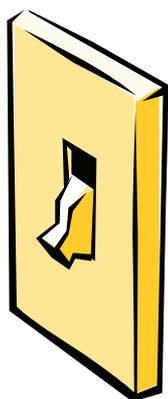
Nível de Iluminação Médio: 500 lux.

- Cálculos executados com reatores eletrônicos Philips.

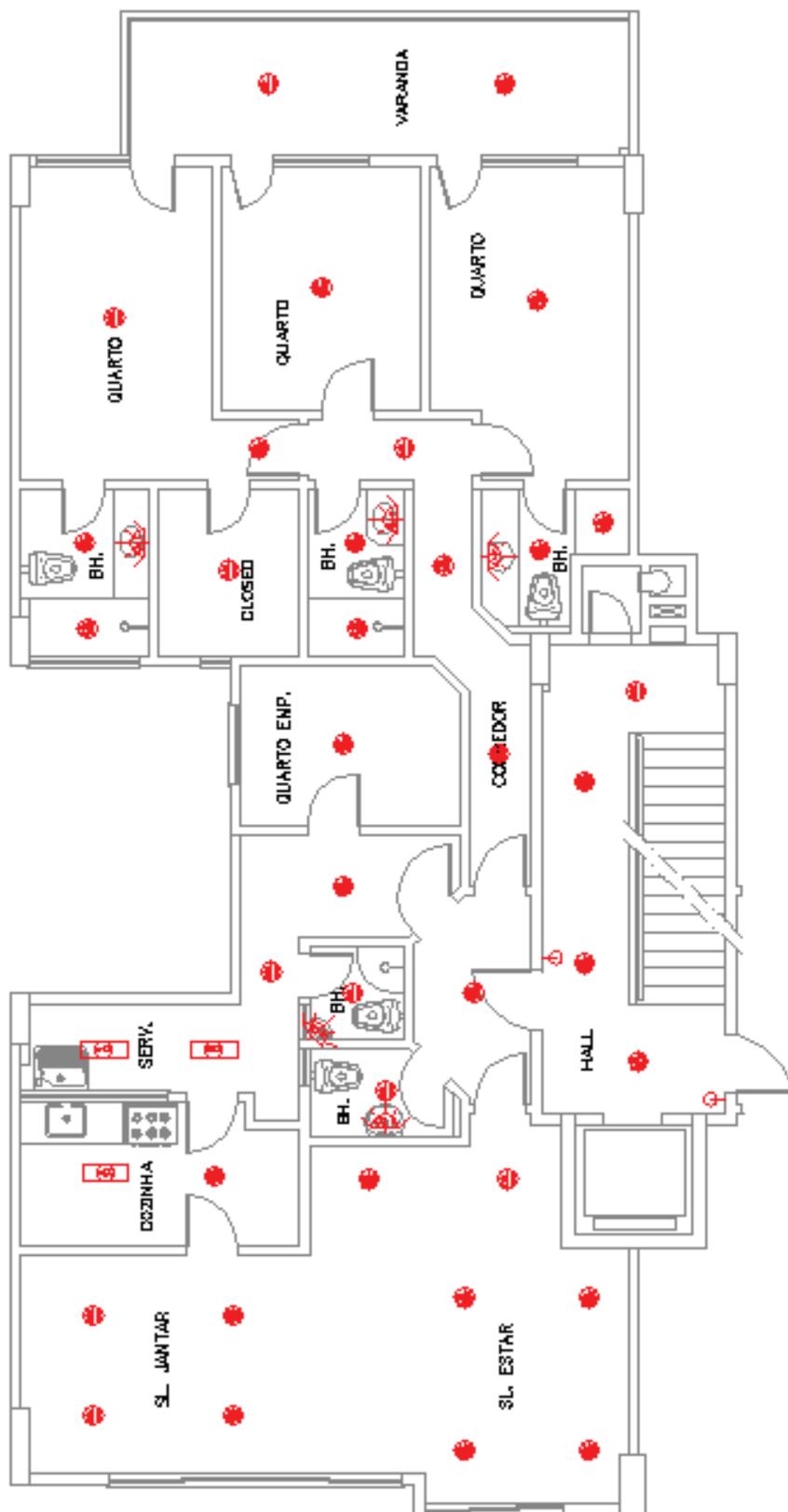
4.4. Recomendações Da NBR 5410/97



- a) As cargas de iluminação devem ser determinadas como resultado da aplicação da NBR 5413.
- b) Para os aparelhos fixos de iluminação a descarga, a potência nominal a ser considerada deverá incluir a potência das lâmpadas, as perdas e o fator de potência dos equipamentos auxiliares.
- c) Em cada cômodo ou dependência de unidades residenciais e nas acomodações de hotéis, motéis e similares deve ser previsto pelo menos um ponto de luz fixo no teto, com potência mínima de 100 VA, comandado por interruptor de parede.
- d) Em unidades residenciais, como alternativa, para a determinação das cargas de iluminação, pode ser adotado o seguinte critério:
 - Em cômodos ou dependências com área igual ou inferior a 6 m^2 deve ser prevista uma carga mínima de 100 VA;
 - Em cômodos ou dependências com área superior a 6 m^2 , deve ser prevista uma carga mínima de 100 VA para os primeiros 6 m^2 , acrescida de 60 VA para cada aumento de 4 m^2 inteiros.



4.5. Marcação dos pontos de luz



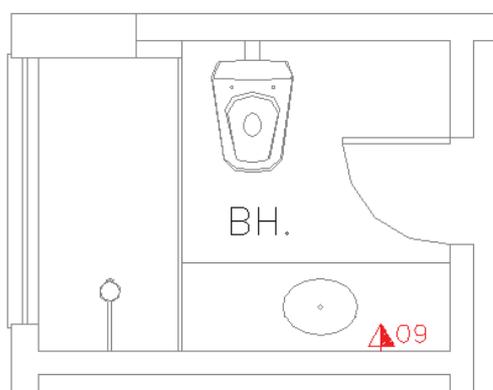
5. MARCAÇÃO DOS PONTOS DE UTILIZAÇÃO



Recomendações para unidades residenciais, motéis, hotéis e similares.

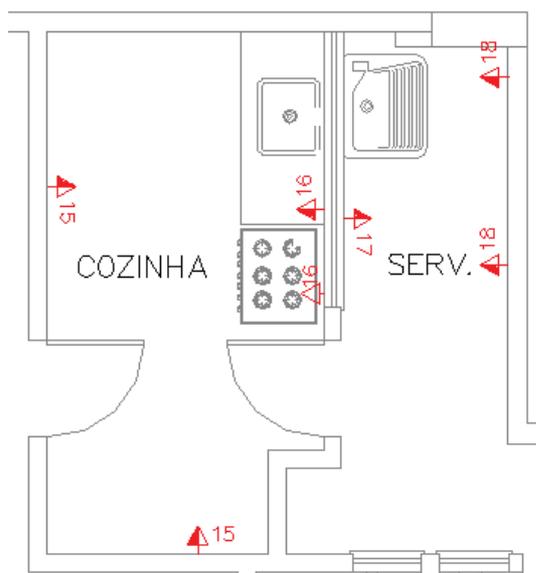
- Tomadas de Uso Geral (TUG's):

Banheiros: *pelo menos* uma tomada junto ao lavatório (600 VA até três tomadas e 100 VA para cada tomada excedente);



Configuração mínima de TUG's para banheiro.

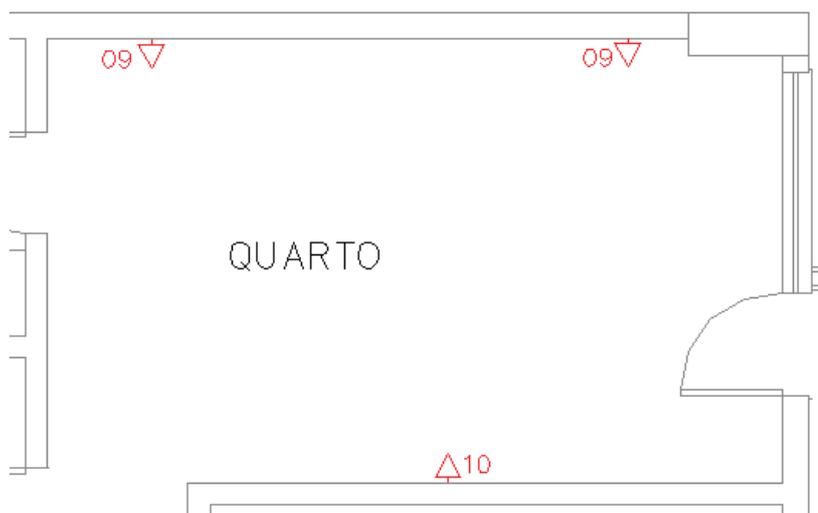
Cozinhas, copas, copas-cozinhas, áreas de serviço, lavanderias e locais análogos: *no mínimo* uma tomada para cada 3,5 m, ou fração de perímetro, sendo que, acima de cada bancada com largura superior a 0,30 m, deve ser previsto pelo menos uma tomada (600 VA até três tomadas e 100 VA para cada tomada excedente);



Configuração mínima de TUG's para cozinha (perímetro = 11,6 m) e área de serviço (perímetro = 10,7 m).

Halls, corredores, subsolos, garagens, sótãos e varandas: pelo menos uma tomada (no mínimo 100 VA por tomada).

Demais cômodos e dependências: se a área for igual ou inferior a 6 m², pelo menos uma tomada, se a área for superior a 6 m², pelo menos uma tomada para cada 5 m, ou fração de perímetro, espaçadas tão uniformemente quanto possível (no mínimo 100 VA por tomada).

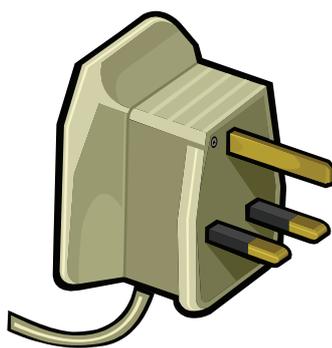


Configuração mínima de TUG's para dependência tipo quarto (área = 11,2 m² e perímetro = 13,8m)

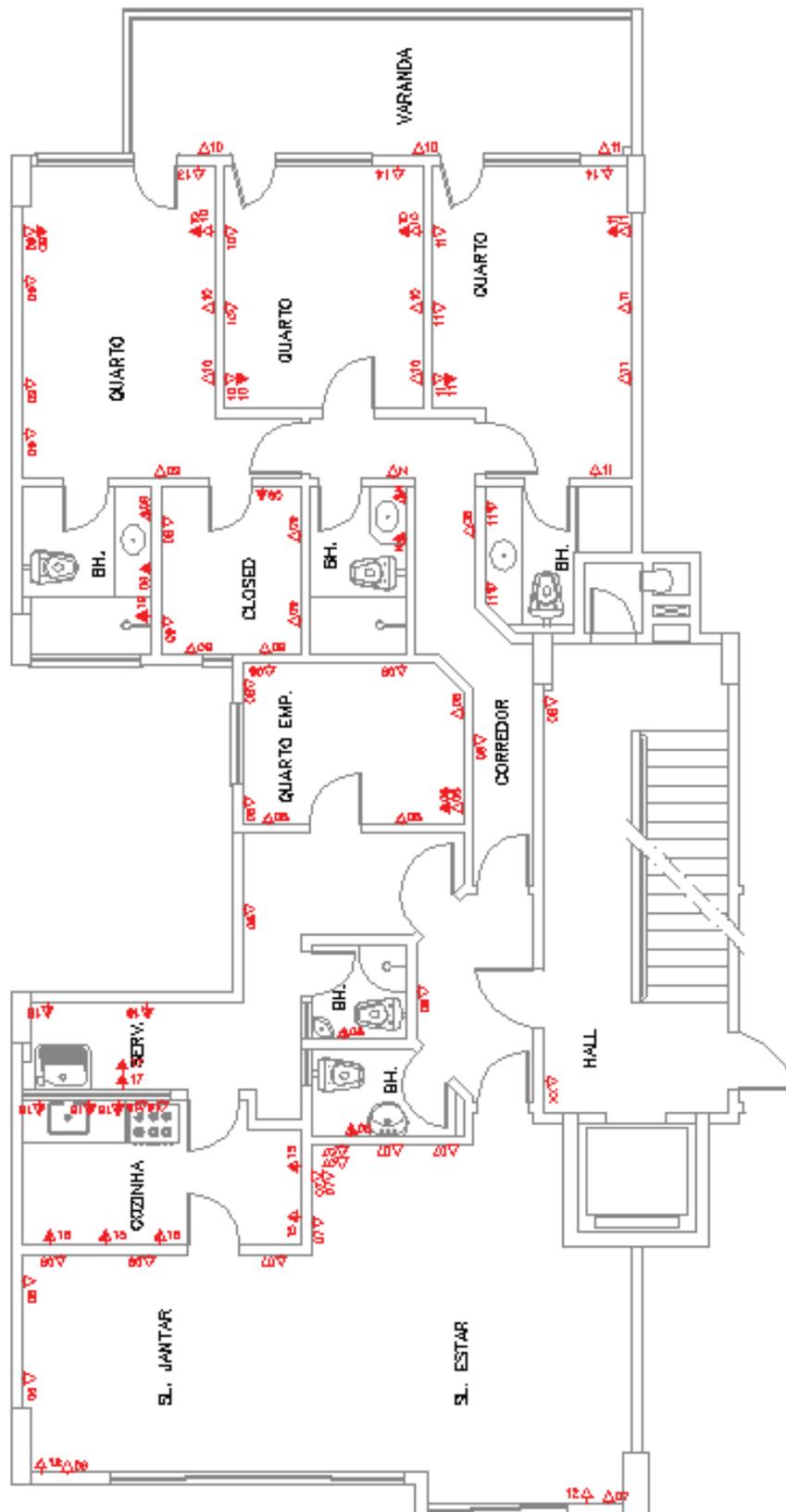
Halls de escadarias, salas de manutenção e salas de localização de equipamentos, tais como, casas de máquinas, salas de bombas, barriletes e locais análogos, deve ser prevista pelo menos uma tomada com potência mínima de 1000 VA.

- Tomadas de Uso Específico (TUE's):

As TUE's deve ser atribuída uma potência igual à potência nominal do equipamento a ser alimentado. Devem ser instaladas, no máximo, a 1,5 m do local previsto para o equipamento a ser alimentado.

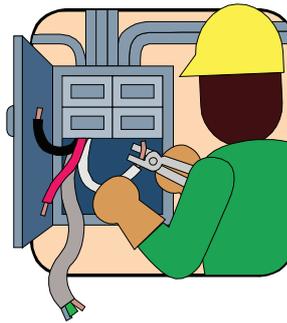


MARCAÇÃO DOS PONTOS DE UTILIZAÇÃO (TOMADAS)



6. DIVISÃO DA INSTALAÇÃO EM SETORES / CENTRO DE CARGA

RECOMENDAÇÕES DA NBR 5410/97



Os circuitos terminais devem ser individualizados pela função dos equipamentos de utilização, que alimentam. Em particular, **devem ser previstos circuitos terminais distintos para iluminação e tomadas de corrente.**

Em unidades residenciais e acomodações de hotéis, motéis e similares, devem ser previstos circuitos independentes para cada equipamento com corrente nominal superior a 10 A.

OUTRAS RECOMENDAÇÕES

Aparelhos de ar condicionado devem ter circuitos individuais.

Cada circuito deve ter seu próprio condutor neutro.

As tomadas da copa-cozinha e área de serviço devem fazer parte de circuitos exclusivos.

Sempre que possível, deve-se projetar circuitos independentes para os quartos, salas (dependências sociais), cozinhas e dependências de serviço.

CENTRO DE CARGA

É o ponto teórico em que, para efeito de distribuição elétrica, pode-se considerar concentrada toda a carga de uma determinada área. É o ponto que deveria se localizar o quadro de distribuição de modo a reduzir ao mínimo os custos de instalação e funcionamento. Existe um processo analítico para a sua determinação, em função da potência e das coordenadas dos diversos pontos alimentados a partir do quadro de distribuição considerado.

Cada subsetor, cada setor, bem como a instalação como um todo possuem seus centros de carga e nesses pontos deveriam *idealmente* localizar-se os respectivos quadros de distribuição. Na prática, apenas em casos excepcionais, efetua-se a determinação exata dos centros de carga, recorrendo-se quase sempre a uma determinação aproximada, considerando as exigências e limitações de cada área.

O processo para localização do centro de carga é definido pelo cálculo do baricentro dos pontos considerados como de carga puntiforme e correspondentes à potência demandada de cada subsetor (ou equipamento “mais pesado”), com suas respectivas distâncias em relação a origem de um sistema de coordenadas cartesianas.

$$X = \frac{X_1 P_1 + X_2 P_2 + \dots + X_N P_N}{P_1 + P_2 + \dots + P_N}$$

$$Y = \frac{Y_1 P_1 + Y_2 P_2 + \dots + Y_N P_N}{P_1 + P_2 + \dots + P_N}$$

Nestas duas últimas equações, X e Y correspondem as coordenadas do centro de carga, P_N é a potência do subsetor N (ou da carga N) e X_N e Y_N suas respectivas coordenadas.

7. SELEÇÃO E DIMENSIONAMENTO DOS CONDUTORES



Chama-se de dimensionamento técnico de um circuito à aplicação dos diversos itens da NBR 5410 relativos à escolha da seção de um condutor e do seu respectivo dispositivo de proteção.

Os principais critérios da norma são:

- Seção mínima
- Capacidade de condução de corrente
- Queda de tensão
- Sobrecarga

Para considerarmos um circuito completa e corretamente dimensionado, é necessário aplicar os seis critérios acima, cada um resultando em uma seção e considerar como seção final a maior dentre todas as obtidas.

Especial atenção deve ser dispensada ao dimensionamento de condutores em circuitos onde haja a presença de harmônicas. Esse assunto é abordado no item 6.2.6.4 da NBR 5410/97.

7.1. Seção mínima

Conforme NBR 5410/97, item 6.2.6

- **Condutor Fase:**

As seções dos condutores fase não devem ser inferiores aos valores dados na Tabela 1.

Tabela 1 - Seções mínimas dos condutores isolados (*)

Tipo de instalação	Utilização do circuito	Seção mínima do condutor de cobre isolado (mm²)
Instalações fixas em geral	Circuitos de iluminação	1,5
	Circuitos de força (incluem tomada)	2,5
	Circuitos de sinalização e circuitos de controle	0,5
Ligações flexíveis	Para um equipamento específico	Como especificado na norma do equipamento
	Para qualquer outra aplicação	0,75
	Circuitos a extrabaixa tensão para aplicações especiais	0,75

(*) De acordo com a Tabela 43 da NBR 5410/97.

- **Condutor Neutro:**

Conforme 6.2.6.2 da NBR 5410/97, o condutor neutro deve possuir, no mínimo, a mesma seção que os condutores fase nos seguintes casos:

- em circuitos monofásicos e bifásicos;
- em circuitos trifásicos, quando a seção do condutor fase for igual ou inferior a 25 mm²;
- em circuitos trifásicos, quando for prevista a presença de harmônicas.

Conforme 6.2.6.3 da NBR 5410/97, apenas nos circuitos trifásicos é admitida a redução do condutor neutro nos seguintes casos:

- quando não for prevista a presença de harmônicas;
- quando a máxima corrente susceptível de percorrer o neutro seja inferior à capacidade de condução de corrente correspondente à seção reduzida do condutor neutro.

Os valores mínimos da seção do condutor neutro nestes casos estão indicados na Tabela 2.

Tabela 2 - Seção do condutor neutro (*)

Seção dos condutores fase (mm²)	Seção mínima do condutor neutro (mm²)
S < 25	S
35	25
50	25
70	35
95	50
120	70
150	70
185	95
240	120
300	150
400	240
500	240
630	400
800	400
1000	500

(*) De acordo com a Tabela 44 da NBR 5410/97

Obs.: ver restrições à redução da seção do condutor neutro na NBR 5410/97.

- **Condutor de Proteção:**

A NBR 5410/97 recomenda o uso de CONDUTORES DE PROTEÇÃO (designados por PE), que, preferencialmente, deverão ser condutores isolados, cabos unipolares ou veias de cabos multipolares.

A Tabela 3, indica a seção mínima do condutor de proteção em função da seção dos condutores fase do circuito. Em alguns casos, admite-se o uso de um condutor com a função dupla de neutro e condutor de proteção. É o condutor PEN (PE + N), cuja seção mínima é de 10 mm², se for condutor isolado ou cabo unipolar, ou de 4 mm², se for uma veia de um cabo multipolar.

Tabela 3 - Seções mínimas dos condutores de proteção (*)



Seção do condutor fase (mm ²)	Seção do condutor de proteção (mm ²)
1,5	1,5 (mínima)
2,5	2,5
4	4
6	6
10	10
16	16
25	16
35	16
50	25
70	35
95	50
120	70
150	95
185	95
240	120
300	150
400	240
500	240
630	400
800	400
1000	500

(*) De acordo com a Tabela 53 da NBR 5410/97.

Cores dos Condutores Neutro e de Proteção:

A NBR 5410/97 prevê no item 6.1.5.3 que os condutores de um circuito devem ser identificados, porém deixa em aberto o modo como fazer esta identificação. No caso de o usuário desejar fazer a identificação por cores, então devem ser adotadas aquelas prescritas na norma, a saber:

- Neutro (N) = azul-claro;
- Condutor de proteção (PE) = verde-amarelo ou verde;
- Condutor PEN = azul-claro com indicação verde-amarela nos pontos visíveis.

7.2. Capacidade de condução de corrente

(conforme NBR 5410/17, item 6.2.5)

- a) O primeiro passo é determinar qual o método de instalação que será utilizado e relacioná-lo a um dos métodos de referência definidos na NBR 5410/97. Para tanto, basta procurar na primeira coluna da Tabela 4, o método de instalação que será utilizado e verificar qual o método de referência correspondente.

Por exemplo, caso a instalação esteja prevista para ser executada com condutores isolados acondicionados em eletrodutos embutidos em alvenaria, entrando-se com este dado na Tabela 4, verifica-se que o método de referência correspondente é o “B1”.

- b) Conforme o tipo de linha utilizada, e por consequência conforme o método de referência, e ainda, de acordo com o tipo de condutor empregado, obtém-se então a bitola do condutor a ser utilizado entrando-se em uma das Tabelas 5, 6, 7 e 8, sendo que estas devem ser ainda afetadas pelos fatores de correção apropriados a serem discutidos mais adiante.



Tabela 4 – Tipos de linhas elétricas (*)

Tipo de Linha Elétrica	Método de Instalação (1)	Conductor isolado	Cabo unipolar	Cabo multipolar
Afastado da Parede ou suspenso por cabo de suporte (2)	15/17	-	F	E
Bandejas não perfuradas ou prateleiras	12	-	C	C
Bandejas perfuradas (horizontal ou vertical)	13	-	F	E
Canaleta fechada no piso, solo ou parede	33/34/72/72A/75/75A	B1	B1	B2
Canaleta ventilada no piso ou solo	43	-	B1	B1
Diretamente em espaço de construção - 1,5De □ V □ 5De (4)	21	-	B2	B2
Diretamente em espaço de construção - 5De □ V □ 50De (4)	21	-	B1	B1
Diretamente enterrado	62/63	-	D	D
Eletrocalha	31/31A/32/32A/35/36	B1	B1	B2
Eletroduto aparente	3/4/5/6	B1	B1	B2
Eletroduto de seção não circular embutido em alvenaria	27	-	B2	B2
Eletroduto de seção não circular embutido em alvenaria 1,5De □ V □ 5De (4)	26	B2	-	-
Eletroduto de seção não circular embutido em alvenaria 5De □ V □ 50De (4)	26	B1	-	-
Eletroduto em canaleta fechada - 1,5De □ V □ 20De (4)	41	B2	B2	-
Eletroduto em canaleta fechada - V □ 20De (4)	41	B1	B1	-
Eletroduto em canaleta ventilada no piso ou solo	42	B1	-	-
Eletroduto em espaço de construção	23/25	-	B2	B2
Eletroduto em espaço de construção - 1,5De □ V □ 20De (4)	22/24	B2	-	-
Eletroduto em espaço de construção - V □ 20De (4)	22/24	B1	-	-
Eletroduto embutido em alvenaria	7/8	B1	B1	B2
Eletroduto embutido em caixilho de porta ou janela	73/74	A1	-	-
Eletroduto embutido em parede isolante	1/2	A1	A1	A1
Eletroduto enterrado no solo ou canaleta não ventilada no solo	61/61A	-	D	D
Embutimento direto em alvenaria	52/53	-	C	C
Embutimento direto em caixilho de porta ou janela	73/74	-	A1	A1
Embutimento direto em parede isolante	51	-	-	A1
Fixação direta à parede ou teto (3)	11/11A/11B	-	C	C
Forro falso ou piso elevado - 1,5De □ V □ 5De (4)	28	-	B2	B2
Forro falso ou piso elevado - 5De □ V □ 50De (4)	28	-	B1	B1
Leitos, suportes horizontais ou telas	14/16	-	F	E
Moldura	71	A1	A1	-
Sobre isoladores	18	G	-	-

(1) Método de instalação conforme a Tabela 28 da NBR 5410/97

(2) Distância entre o cabo e a parede $\geq 0,3$ diâmetro externo do cabo

(3) Distância entre o cabo e a parede $< 0,3$ diâmetro externo do cabo

- (4) V = altura do espaço de construção ou da canaleta e De = diâmetro externo do cabo. (*) Os locais da Tabela assinalados por (-) significam que os cabos correspondentes não podem, de acordo com a NBR 5410/97, serem instalados da maneira especificada ou então trata-se de uma maneira de instalar não usual para o tipo de cabo escolhido.
- (5) Método de referência conforme definido em 6.2.5.1.2 da NBR 5410/97.

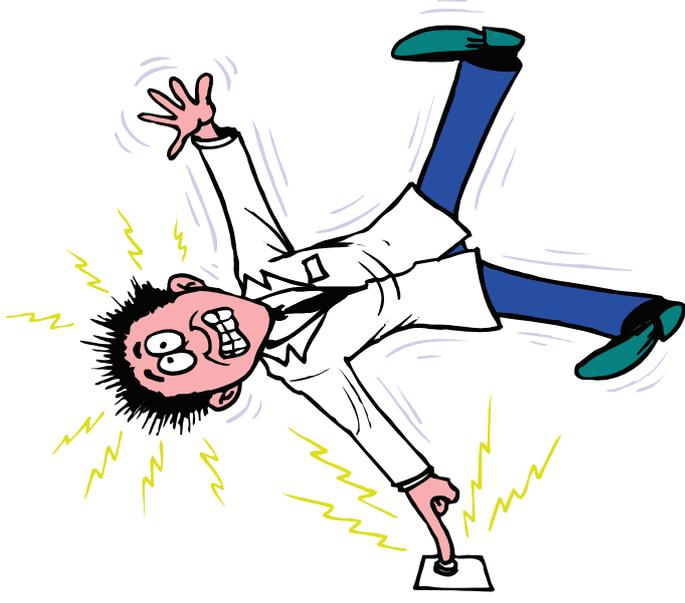


Tabela 5 - Capacidades de condução de corrente, em ampères, para os métodos de referência a1, a2, b1, b2, c e d da Tabela 1 (fios e cabos isolados em termoplástico, condutor de cobre) (*)

MÉTODOS DE INSTALAÇÃO DEFINIDOS NA TABELA 1																	
Seções nominais (mm ²)	A1			A2			B1			B2			C			D	
	2	3	3	2	3	3	2	3	3	2	3	2	3	2	3	2	3
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)	(11)	(12)	(13)	Quantidade de condutores carregados				
0,5	7	7	7	7	9	8	9	8	10	9	10	10	9	10	12	10	10
0,75	9	9	9	9	11	10	11	10	13	11	13	13	11	13	15	13	12
1	11	10	11	10	14	12	13	12	15	14	15	15	14	15	18	15	15
1,5	14,5	13,5	14	13	17,5	15,5	16,5	15	19,5	17,5	19,5	19,5	17,5	22	18	18	18
2,5	19,5	18	18,5	17,5	24	21	23	20	27	24	27	24	24	29	24	24	24
4	26	24	25	23	32	28	30	27	36	32	36	32	32	38	31	31	31
6	34	31	32	29	41	36	38	34	46	41	46	41	41	47	39	39	39
10	46	42	43	39	57	50	52	46	63	57	63	57	57	63	52	52	52
16	61	56	57	52	76	68	69	62	85	76	81	76	76	81	67	67	67
25	80	73	75	68	101	89	90	80	112	96	104	86	96	104	86	86	86
35	99	89	92	83	125	110	111	99	138	119	125	103	119	125	103	103	103
50	119	108	110	99	151	134	133	118	168	144	148	122	144	148	122	122	122
70	151	136	139	125	192	171	168	149	213	184	183	151	184	183	151	151	151
95	182	164	167	150	232	207	201	179	258	223	216	179	223	216	179	179	179
120	210	188	192	172	269	239	232	206	299	259	246	203	259	246	203	203	203
150	240	216	219	19	309	275	265	236	344	299	278	230	299	278	230	230	230
185	273	245	248	223	353	314	300	268	392	341	312	258	341	312	258	258	258
240	321	286	291	261	415	370	351	313	461	403	361	297	403	361	297	297	297
300	367	328	334	298	477	426	401	358	530	464	408	336	464	408	336	336	336
400	438	390	398	355	571	510	477	425	634	557	478	394	557	478	394	394	394
500	502	447	456	406	656	587	545	486	729	642	540	445	642	540	445	445	445
630	578	514	526	467	758	678	626	559	843	743	614	506	743	614	506	506	506
800	669	593	609	540	881	788	723	645	978	865	700	577	865	700	577	577	577
1000	767	679	698	618	1012	906	827	738	1125	996	792	652	996	792	652	652	652

(*) De acordo com a Tabela 31 da NBR 5410/97.

- Fio Pirastic Ecoflam, Cabo Pirastic Ecoflam, Cabo Flexível Pirastic Ecoplus, Cabo Sintenax Econax e Cabo Sintenax Flex; 2 e 3 condutores carregados.
- Temperatura do condutor: 70°C; Temperaturas: 30°C (ambiente) e 20°C (solo).

Tabela 6 - Capacidades de condução de corrente, em ampères, para os métodos de referência a1, a2, b1, b2, c e d da Tabela 1. cabos isolados em termofixo, condutor de cobre.

Seções nominais (mm ²)	MÉTODOS DE INSTALAÇÃO DEFINIDOS NA TABELA 1																		
	A1			A2			B1			B2			C			D			
	2	3	(3)	2	(4)	(5)	2	(6)	(7)	2	(8)	(9)	2	(10)	(11)	2	(12)	3	(13)
0,5	10	9	9	10	9	9	12	12	10	11	10	10	12	12	11	14	14	12	12
0,75	12	11	11	12	11	11	15	15	13	15	13	13	16	16	14	18	18	16	15
1	15	13	13	14	13	13	18	18	16	17	15	15	19	19	14	18	18	19	15
1,5	19	17	17	18,5	16,5	16,5	23	23	20	22	19,5	19,5	24	24	22	26	26	24	22
2,5	26	23	23	25	22	22	31	31	28	30	26	26	33	33	30	34	34	33	29
4	35	31	31	33	30	30	42	42	37	40	35	35	45	45	40	44	44	40	37
6	45	40	40	42	38	38	54	54	48	51	44	44	58	58	52	56	56	52	46
10	61	54	54	57	51	51	75	75	66	69	60	60	90	90	71	73	73	71	61
16	81	73	73	76	68	68	100	100	88	91	80	80	107	107	96	95	95	96	79
25	106	95	95	99	89	89	133	133	117	119	105	105	138	138	119	121	121	119	101
35	131	117	117	121	109	109	164	164	144	146	128	128	171	171	147	146	146	147	122
50	158	141	141	145	130	130	198	198	175	175	154	154	209	209	179	173	173	179	144
70	200	179	179	183	164	164	253	253	222	221	194	194	269	269	229	213	213	229	178
95	241	216	216	220	197	197	306	306	269	265	233	233	328	328	278	252	252	278	211
120	278	249	249	253	227	227	354	354	312	305	268	268	382	382	322	287	287	322	240
150	318	285	285	290	259	259	407	407	358	349	307	307	441	441	371	324	324	371	271
185	362	324	324	329	295	295	464	464	408	395	348	348	506	506	424	363	363	424	304
240	424	380	380	386	346	346	546	546	481	462	407	407	599	599	500	419	419	500	351
300	486	435	435	442	396	396	628	628	553	529	465	465	693	693	576	474	474	576	396
400	579	519	519	527	472	472	751	751	661	628	552	552	835	835	692	555	555	692	464
500	664	595	595	604	541	541	864	864	760	718	631	631	966	966	797	627	627	797	525
630	765	685	685	696	623	623	998	998	879	825	725	725	1122	1122	923	711	711	923	596
800	885	792	792	805	721	721	1158	1158	1020	952	837	837	1311	1311	1074	811	811	1074	679
1000	1014	908	908	923	826	826	1332	1332	1173	1088	957	957	1515	1515	1237	916	916	1237	767

(*) De acordo com a Tabela 32 da NBR 5410/97.

- Cabos Voltalene Ecolene, Eprotenax Ecofix, Eprotenax Flex e Afumex.
- 2 e 3 condutores carregados.
- Temperatura do condutor: 90°C; Temperaturas: 30°C (ambiente) e 20°C (solo).

Tabela 7 - Capacidades de condução de corrente, em ampères, para os métodos de referência e, f, g da Tabela 1 (fios e cabos isolados em termoplástico, condutor de cobre) (*).

Seções nominais (mm ²)	MÉTODOS DE INSTALAÇÃO DEFINIDOS NA TABELA 1						
	Cabos multipolares		Cabos unipolares ou condutores isolados				
	E	E	F	F	F	G	G
	Cabos bipolares 	Cabos tripolares e tetrapolares 	2 condutores isolados ou 2 cabos unipolares 	Condutores isolados ou cabos unipolares em trifólio 	3 cabos unipolares ou 3 condutores isolados		
				Contíguos 	Espaçados horizontalmente 	Espaçados verticalmente 	
1	2	3	4	5	6	7	8
0,5	11	9	11	8	9	12	10
0,75	14	12	14	11	11	16	13
1	17	14	17	13	14	19	16
1,5	22	18,5	22	17	18	24	21
2,5	30	25	31	24	25	34	29
4	40	34	41	33	34	45	39
6	51	43	53	43	45	59	51
10	70	60	73	60	63	81	71
16	94	80	99	82	85	110	97
25	119	101	131	110	114	146	130
35	148	126	162	137	143	181	162
50	180	153	196	167	174	219	197
70	232	196	251	216	225	281	254
95	282	238	304	264	275	341	311
120	328	276	352	308	321	396	362
150	379	319	406	356	372	456	419
185	434	364	463	409	427	521	480
240	514	430	546	485	507	615	569
300	593	497	629	561	587	709	659
400	715	597	754	656	689	852	795
500	826	689	868	749	789	982	920
630	958	789	1005	855	905	1138	1070
800	1118	930	1169	971	1119	1325	1251
1000	1292	1073	1346	1079	1296	1528	1448

(*) De acordo com a Tabela 33 da NBR 5410/97

- Fio Pirastic Ecoflam, Cabo Pirastic Ecoflam, Cabo Flexível Pirastic Ecoplus, Cabo Sintenax Econax e Cabos Sintenax Flex.
- Temperatura no condutor: 70°C.
- Temperatura ambiente: 30°C.

Tabela 8 - Capacidades de condução de corrente, em ampères, para os métodos de referência e, f, g da Tabela 1 (cabos isolados em termofixo, condutor de cobre) (*).

Seções nominais (mm ²)	MÉTODOS DE INSTALAÇÃO DEFINIDOS NA TABELA 1						
	Cabos multipolares		Cabos unipolares ou condutores isolados				
	bipolares	E Cabos Tripolares e Tetrapolares	F 2 condutores isolados ou 2 cabos unipolares	F Condutores isolados ou cabos unipolares em trifólio	G 3 cabos unipolares ou 3 condutores isolados		
					F Contíguos	G Espaçados Horizontalmente	G Espaçados Verticalmente
1	2	3	4	5	6	7	8
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	346	437	383	400	500	454
150	473	399	504	444	464	577	527
185	542	456	575	510	533	661	605
240	641	538	679	607	634	781	719
300	741	621	783	703	736	902	833
400	892	745	940	823	868	1085	1008
500	1030	859	1083	946	998	1253	1169
630	1196	995	1254	1088	1151	1454	1362
800	1396	1159	1460	1252	1328	1696	1595
1000	1613	1336	1683	1420	1511	1958	1849

(*) De acordo com a Tabela 34 da NBR 5410/97.

- Cabos Voltalene Ecolene, Eprotenax Ecofix, Eprotenax Flex e Afumex.
- Temperatura no condutor: 90°C.
- Temperatura ambiente: 30°C.

Os fatores de correção são os seguintes:

- Fatores de correção para *temperatura*;
- Fatores de correção para *resistividade térmica do solo*;
- Fatores de correção para *agrupamento de circuitos*;
- Fatores de correção para *correntes harmônicas*.

Fatores de correção para temperatura

O valor da temperatura ambiente a utilizar é o da temperatura do meio circundante quando o cabo ou o condutor considerado não estiver carregado. Para temperaturas ambientes diferentes de 30°C para linhas não subterrâneas e de 20°C para a temperatura do solo no caso de linhas subterrâneas, devem ser utilizados os fatores de correção indicados na Tabela 9.

Tabela 9 - Fatores de correção para temperaturas ambientes diferentes de 30°C para linhas não subterrâneas e de 20°C (temperatura do solo para linhas subterrâneas) (*)

Temperatura (°C)	ISOLAÇÃO			
	PVC	EPR ou XLPE	PVC	EPR ou XLPE
	Ambiente		Do solo	
10	1,22	1,15	1,10	1,07
15	1,17	1,12	1,05	1,04
20	1,12	1,08	1	1
25	1,06	1,04	0,95	0,96
30	1	1	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

(*) De acordo com a Tabela 35 da NBR 5410/97.

Fatores de correção para resistividade térmica do solo

Em locais onde a resistividade térmica do solo seja diferente de 2,5 K.m/W, caso típico de solos secos, deve ser feita uma correção adequada nos valores da capacidade de condução de corrente. Solos úmidos possuem valores menores de resistividade térmica, enquanto solos muito secos apresentam valores maiores

O valor 2,5 K.m/W é o recomendado pela IEC quando o tipo de solo e a localização geográfica não são especificados.

A Tabela 10 dá os fatores de correção para resistividades térmicas do solo diferentes da 2,5 K.m/W.

Tabela 10 - Fatores de correção para cabos contidos em eletrodutos enterrados no solo, com resistividades térmicas diferentes de 2,5 k.m/W, a serem aplicados às capacidades de condução de corrente do método de referência d.

Resistividade Térmica (K.m/W)	1	1,5	2	3
Fator de correção	1,18	1,10	1,05	0,96

(*) De acordo com a Tabela 36 da NBR 5410/97.

Fatores de correção para agrupamento de circuitos

As Tabelas 5 e 6, de capacidades de condução de corrente para os métodos de referência A1, A2, B1, B2, C e D, são válidas para circuitos simples constituídos pelos seguintes números de condutores:

- Dois condutores isolados, dois cabos unipolares ou um cabo bipolar;
- Três condutores isolados, três cabos unipolares ou um cabo tripolar.

Quando for instalado, em um mesmo grupo, um número maior de condutores ou de cabos, devem ser aplicados os fatores de correção especificados nas Tabelas 11, 12 e 13.

As capacidades de condução de corrente indicadas nas Tabelas 7 e 8 são válidas para os métodos de referência E e F. Para cabos instalados em bandejas perfuradas, leitos e suportes horizontais, estes valores devem ser determinados multiplicando-se os valores dados para a disposição correspondente ao ar livre, como indicado nas Tabelas 7 e 8, pelos fatores de correção dados nas Tabelas 14, 15 e 16.

Grupos contendo cabos de dimensões diferentes

Os fatores de correção Tabelados (Tabelas 11 a 16) são aplicáveis a grupos de cabos semelhantes, igualmente carregados. O cálculo dos fatores de correção para grupos contendo condutores isolados ou cabos unipolares ou multipolares de diferentes seções nominais, depende da quantidade de condutores ou cabos e da faixa de seções. Tais fatores não podem ser Tabelados e devem ser calculados caso a caso, utilizando, por exemplo, a NBR 11301.

Nota: São considerados cabos semelhantes aqueles cujas capacidades de condução de corrente baseiam-se na mesma temperatura máxima para serviço contínuo e cujas seções nominais estão contidas no intervalo de 3 seções normalizadas sucessivas.

No caso de condutores isolados, cabos unipolares ou cabos multipolares de dimensões diferentes em condutos fechados ou em bandejas, leitos, prateleiras ou suportes, caso não seja viável um cálculo mais específico, deve-se utilizar a expressão:

$$F = \frac{1}{\sqrt{n}}$$

onde: **F** = fator de correção

n = número de circuitos ou de cabos multipolares

Nota: A expressão dada está a favor da segurança e reduz os perigos de sobrecarga sobre os cabos de menor seção nominal. Pode, no entanto, resultar no superdimensionamento dos cabos de seções mais elevadas.

Tabela 11 - Fatores de correção para agrupamento de circuitos ou cabos multipolares (*)

Item	Disposição dos cabos justapostos	Número de círculos ou de cabos multipolares										Tabela dos métodos de referência		
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	12		16	20
1	Feixe de cabos ao ar livre ou sobre superfície: cabos 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	31 a 34 (métodos A à 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	Nenhum fator de redução adicional para mais de 9 circuitos ou cabos multipolares			31 e 32 (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				
4	Camada única em bandeja perfurada, horizontal ou vertical (nota G)	1,00	0,88	0,82	0,77	0,75	0,73	0,73	0,72	0,72				
5	Camada única em leito, suporte (nota G)	1,00	0,87	0,82	0,80	0,80	0,79	0,79	0,78	0,78				33 e 34 (métodos E e F)

(*) De acordo com a Tabela 37 da NBR 5410/97.

Notas:

- Esses fatores são aplicáveis a grupos de cabos, uniformemente carregados.
- Quando a distância horizontal entre os cabos adjacentes for superior ao seu diâmetro externo, não é necessário aplicar nenhum fator de redução.
- Os mesmos fatores de correção são aplicáveis a:
 - grupos de 2 ou 3 condutores isolados ou cabos unipolares;
 - cabos multipolares.
- Se um agrupamento é constituído tanto de cabos bipolares como de cabos tripolares, o número total de cabos é tomado igual ao número de circuitos e o fator de correção correspondente é aplicado às Tabelas de 3 condutores carregados para cabos tripolares.
- Se um agrupamento consiste de N condutores isolados ou cabos unipolares pode-se considerar tanto N/2 circuitos com 2 condutores carregados como N/3 circuitos com 3 condutores carregados.
- Os valores indicados são médios para a faixa usual de seções nominais, com precisão de $\pm 5\%$.
- Os fatores de correção dos itens 4 e 5 são genéricos e podem não atender a situações especificadas. Nesses casos, deve-se recorrer às Tabelas 12 e 13.

Tabela 12 – Fatores de agrupamento para mais de um circuito cabos unipolares ou cabos multipolares diretamente enterrados (método de referência d, da Tabela 1). (*)

Número de circuitos	DISTÂNCIA ENTRE OS CABOS (a)				
	Nula	¹ diâmetro de cabo	0,125 m	0,25 m	0,5 m
2	0,75	0,80	0,85	0,90	0,90
3	0,65	0,70	0,75	0,80	0,85
4	0,60	0,60	0,70	0,75	0,80
5	0,55	0,55	0,65	0,70	0,80
6	0,50	0,55	0,60	0,70	0,80

(*) De acordo com a Tabela 38 da NBR 5410/97.

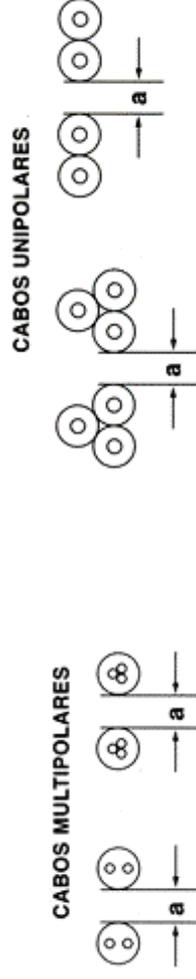
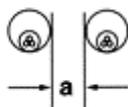


Tabela 13 – Fatores de agrupamento para mais de um circuito cabos em eletrodutos diretamente enterrados (método de referência d nas Tabelas 2 e 3). (*)

a) Cabos multipolares em eletrodutos - 1 cabo por eletroduto

Número de Circuitos	ESPAÇAMENTO ENTRE DUTOS (a)			
	Nulo	0,25 m	0,5 m	1,0 m
2	0,85	0,90	0,95	0,95
3	0,75	0,85	0,90	0,95
4	0,70	0,80	0,85	0,90
5	0,65	0,80	0,85	0,90
6	0,60	0,80	0,80	0,80

CABOS MULTIPOLARES



b) Cabos unipolares em eletrodutos - 1 cabo por eletroduto (**)

Número de circuitos	ESPAÇAMENTO ENTRE DUTOS (a)			
	Nulo	0,25 m	0,5 m	1,0 m
2	0,80	0,90	0,90	0,90
3	0,70	0,80	0,85	0,90
4	0,65	0,75	0,80	0,90
5	0,60	0,70	0,80	0,90
6	0,60	0,70	0,80	0,90

(*) De acordo com a Tabela 39 da NBR 5410/97.

(**) Somente deve ser instalado 1 cabo unipolar por eletroduto, no caso deste ser em material não-magnético.

CABOS UNIPOLARES

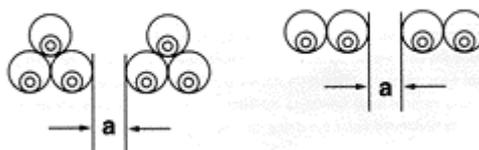
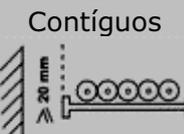


Tabela 14 - Fatores de correção para o agrupamento de circuitos constituídos por cabos unipolares ao ar livre (método de referência f nas Tabelas 4 e 5) (*)

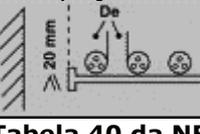
Método de instalação da Tabela 1			Número de bandejas ou leitos	Número de circuitos trifásicos (nota E)			Utilizar como multiplicador para a coluna:
				1	2	3	
Bandejas horizontais perfuradas (nota C)	13		1	0,98	0,91	0,87	6
			2	0,96	0,87	0,81	
			3	0,95	0,85	0,78	
Bandejas verticais perfuradas (nota D)	13		1	0,95	0,86	-	6
			2	0,96	0,84	-	
Leitos, suportes horizontais, etc., (nota C)	14 15 16		1	1,00	0,97	0,96	6
			2	0,98	0,93	0,89	
			3	0,97	0,90	0,86	
Bandejas horizontais perfuradas (nota C)	13		1	1,00	0,98	0,96	5
			2	0,97	0,93	0,89	
			3	0,96	0,92	0,86	
Bandejas verticais perfuradas (nota D)	13		1	1,00	0,91	0,89	5
			2	1,00	0,90	0,86	
Leitos, suportes horizontais, etc. (nota C)	14 15 16		1	1,00	1,00	1,00	5
			2	0,97	0,95	0,93	
			3	0,96	0,94	0,90	

(*) De acordo com a Tabela 41 da NBR 5410/97.

Notas:

- Os valores indicados são médios para os tipos de cabos e a faixa de seções das Tabelas 4 e 5.
- Os fatores são aplicáveis a cabos agrupados em uma única camada, como mostrado acima, e não se aplicam a cabos dispostos em mais de uma camada. Os valores para tais disposições podem ser sensivelmente inferiores e devem ser determinados por um método adequado (pode ser utilizada a Tabela 10).
- Os valores são indicados para uma distância vertical entre bandejas ou leitos de 300 mm. Para distâncias menores, os fatores devem ser reduzidos.
- Os valores são indicados para uma distância horizontal entre bandejas de 225 mm, estando estas montadas fundo a fundo. Para espaçamentos inferiores, os fatores devem ser reduzidos.
- Para circuitos contendo vários cabos em paralelo por fase, cada grupo de três condutores deve ser considerado como um circuito para a aplicação desta Tabela.

Tabela 15 – Fatores de correção para agrupamento de mais de um cabo multipolar ao ar livre (método de referência e nas Tabelas 4 e 5) (*)

Métodos de instalação da Tabela 1			Número de bandejas ou leitos	Número de cabos							
				1	2	3	4	6	9		
Bandejas horizontais perfuradas (nota C)	13	 <p>Contíguos</p>	1	1,00	0,88	0,82	0,79	0,76	0,73		
			2	1,00	0,87	0,80	0,77	0,73	0,68		
			3	1,00	0,86	0,79	0,76	0,71	0,66		
		 <p>Espaçados</p>	1	1,00	1,00	0,98	0,95	0,91	-		
			2	1,00	0,99	0,96	0,92	0,87	-		
			3	1,00	0,98	0,95	0,91	0,85	-		
Bandejas verticais perfuradas (nota D)	13	 <p>Contíguos</p>	1	1,00	0,88	0,82	0,78	0,73	0,72		
			2	1,00	0,88	0,81	0,76	0,71	0,70		
		 <p>Espaçados</p>	1	1,00	0,91	0,89	0,88	0,87	-		
			2	1,00	0,91	0,88	0,87	0,85	-		
		Leitos, suportes horizontais, etc. (nota C)	14 15 16	 <p>Contíguos</p>	1	1,00	0,87	0,82	0,80	0,79	0,78
					2	1,00	0,86	0,80	0,78	0,76	0,73
3	1,00				0,85	0,79	0,76	0,73	0,70		
 <p>Espaçados</p>	1			1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	-		
	2			1,00	0,99	0,98	0,97	0,96	-		
	3			1,00	0,98	0,97	0,96	0,93	-		

(*) De acordo com a Tabela 40 da NBR 5410/97.

Notas:

- Os valores indicados são médios para os tipos de cabos e a faixa de seções das Tabelas 4 e 5.
- Os fatores são aplicáveis a cabos agrupados em uma única camada, como mostrado acima, e não se aplicam a cabos dispostos em mais de uma camada. Os valores para tais disposições podem ser sensivelmente inferiores e devem ser determinados por um método adequado (pode ser utilizada a Tabela 10).
- Os valores são indicados para uma distância vertical entre bandejas ou leitos de 300 mm. Para distâncias menores, os fatores devem ser reduzidos.
- Os valores são indicados para uma distância horizontal entre bandejas de 225 mm, estando estas montadas fundo a fundo. Para espaçamentos inferiores, os fatores devem ser reduzidos.

Tabela 16 - Multiplicadores a utilizar para a obtenção dos fatores de agrupamento aplicáveis a circuitos trifásicos ou cabos multipolares, ao ar livre, cabos contíguos, em várias camadas horizontais, em bandejas, prateleiras e suportes horizontais (métodos de referência c, e, f nas Tabelas 2, 3, 4 e 5).

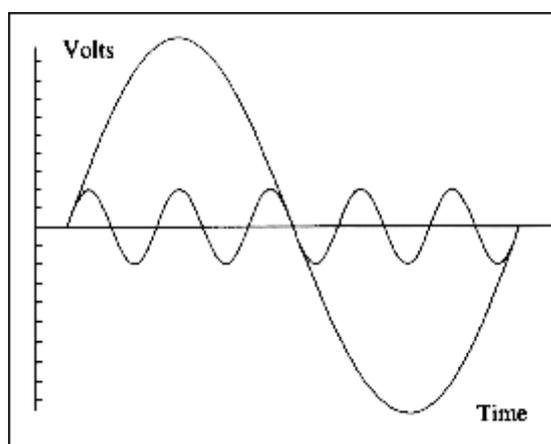
	Número de circuitos trifásicos ou de cabos multipolares (cabos unipolares ou cabos multipolares contíguos em uma camada)				
	2	3	4 ou 5	6 a 8	9 e mais
Disposição num plano horizontal	0,85	0,78	0,75	0,72	0,70
Disposição num plano vertical	0,80	0,73	0,70	0,68	0,66

Nota:

- a) Os fatores são obtidos multiplicando os valores referentes à disposição num plano horizontal pelos referentes à disposição num plano vertical, que corresponde ao número de camadas.

Fatores de correção para correntes harmônicas

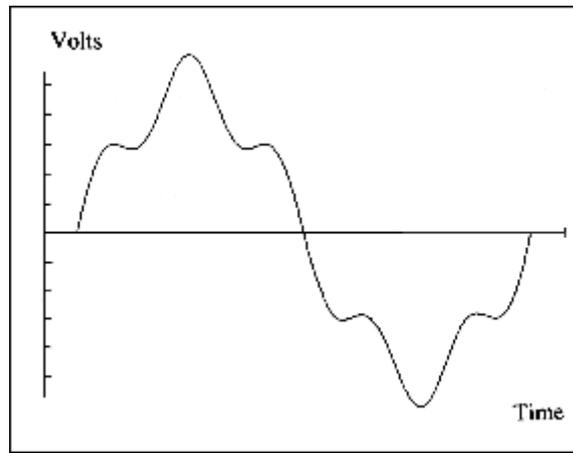
Tecnicamente, uma harmônica é a componente de uma onda periódica cuja frequência é um múltiplo inteiro da frequência fundamental (no caso da energia elétrica, de 60 Hz). A melhor maneira de explicar isto é com a ilustração abaixo.



Nesta figura, vemos duas curvas: uma onda senoidal normal, representando uma corrente de energia "limpa", e outra onda menor, representando uma harmônica.

Esta segunda onda menor representa a harmônica de quinta ordem, o que significa que sua frequência é de 5 x 60 Hz, ou 300 Hz.

Na segunda ilustração, vemos como ficaria a soma das duas curvas. Esta curva resultante mostra bem a distorção harmônica da curva de tensão, que deixa de ser perfeitamente senoidal na presença de harmônicas.



Os principais equipamentos causadores das harmônicas são: inversores de frequência, variadores de velocidade, acionamentos tiristorizados, acionamentos em corrente contínua ou alternada, retificadores, "drives", conversores eletrônicos de potência, fornos de indução e a arco, "no-breaks" e máquinas de solda a arco.

Segue uma lista de conseqüências que as harmônicas podem causar em diversos tipos de equipamentos:

- Capacitores: queima de fusíveis, e redução da vida útil.
- Motores: redução da vida útil, e impossibilidade de atingir potência máxima.
- Fusíveis/Disjuntores: operação falsa/errônea, e componentes danificados.
- Transformadores: aumento de perdas no ferro e no cobre, e redução de capacidade.
- Medidores: medições errôneas e possibilidade de maiores contas.

Os fatores de correção para correntes harmônicas aplicam-se a circuitos trifásicos a 4 condutores, onde o desequilíbrio entre fases é inferior a 50% e onde é prevista a presença de correntes harmônicas de 3ª ordem nos condutores fase, admitindo-se que os quatro condutores tenham a mesma seção nominal.

A Tabela 17 dá os fatores de correção que, aplicados às capacidades de condução relativas a 3 condutores carregados (Tabelas 5, 6 7 e 8) fornecem os valores correspondentes a 4 condutores carregados, quando a corrente no condutor neutro é devida a harmônicas.

Tabela 17 - Fatores de correção aplicáveis a circuitos trifásicos a 4 condutores onde é prevista a presença de correntes harmônicas de 3ª ordem (*)

Porcentagem de 3ª harmônica na corrente de fase (%)	Fator de correção	
	Escolha da seção com base na corrente de fase	Escolha da seção com base na corrente de neutro
0 - 15	1,00	-
15 - 33	0,86	-
33 - 45	-	0,86
> 45	-	1,00

(*) De acordo com a Tabela 45 da NBR 5410/97.

Notas:

a) A Tabela foi originalmente obtida para cabos tetrapolares e pentapolares, mas podem, em princípio, ser utilizada para circuitos com cabos unipolares ou condutores isolados.

b) A corrente (I) a ser utilizada para a determinação da seção dos 4 condutores do circuito, utilizando as Tabelas 2, 3 ou 5 (colunas de 3 condutores carregados), é obtida pelas expressões:

- escolha pela corrente de fase

$$I = \frac{I_B}{f}$$

- escolha pela corrente de neutro

$$I = \frac{1}{f} \times I_B \times \frac{p}{100} \times 3$$

onde:

I_B = corrente de projeto do circuito;

p = porcentagem da harmônica da 3ª ordem (Tabela 14)

f = fator de correção (Tabela 14)



7.3. Queda de tensão

(conforme NBR 5410/97, item 6.2.7)

a) A queda de tensão entre a origem da instalação e qualquer ponto de utilização não deve ser superior aos valores da Tabela 18, dados em relação ao valor da tensão nominal da instalação.

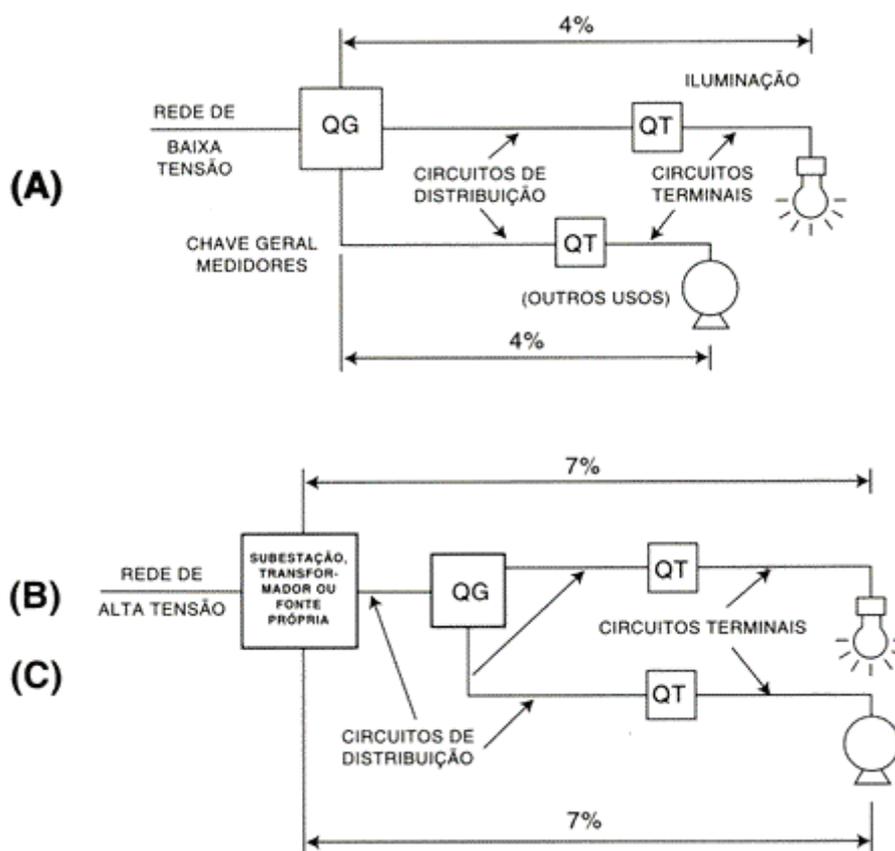
Tabela 18 - Limites de queda de tensão (*)

Instalações		Iluminação	Outros usos
A	Instalações alimentadas diretamente por um ramal de baixa tensão, a partir de uma rede de distribuição pública de baixa tensão.	4%	4%
B	Instalações alimentadas diretamente por subestação de transformação ou transformador, a partir de uma instalação de alta tensão.	7%	7%
C	Instalações que possuam fonte própria.	7%	7%

(*) De acordo com a Tabela 46 da NBR 5410/97.

Notas:

- a) Nos casos B e C, as quedas de tensões nos circuitos terminais não devem ser superiores aos valores indicados em A.
- b) Nos casos B e C, quando as linhas tiverem um comprimento superior a 100 m, as quedas de tensão podem ser aumentadas de 0,005% por metro de linha superior a 100 m, sem que, no entanto, essa suplementação seja superior a 0,5%.



b) Uma das maneiras de determinar a queda de tensão é a partir de Tabelas fornecidas pelos fabricantes de condutores elétricos, tal como mostrado nas Tabelas 19, 20 e 21.

O procedimento é descrito a seguir.

Conhecem-se:

- Material do eletroduto (se é magnético ou não).
- Corrente de projeto (A).
- Fator de potência.
- Queda de tensão admissível para o caso (%).
- Comprimento do circuito (km).
- Tensão entre fases (V).

Calcula-se:

- A queda de tensão admissível em volts - $\Delta U = (\%) \times (V)$
- Dividindo ΔU pela corrente de projeto e pelo comprimento do circuito, tem-se a queda de tensão em V/(A.km).
- Entrando na Tabela apropriada, obtém-se a seção nominal do condutor.

c) Pode-se também determinar a queda de tensão a partir da expressão:

$$\Delta U = t.I_b.l.(r.\cos\phi+x.\sen\phi)$$

onde:

ΔU = queda de tensão (V)

$t = 2$ para circuitos monofásicos ou $\sqrt{3}$ para trifásicos.

I_b = corrente de projeto (A)

r = resistência do circuito (Ω/km)

x = reatância do circuito (Ω/km)

l = comprimento do circuito (km)

Os valores de resistência e reatância, para os condutores elétricos da Pirelli, podem ser obtidos nas Tabelas 22, 23 e 24.

Os valores de resistências elétricas e reatâncias indutivas indicadas nestas Tabelas são valores médios e destinam-se a cálculos aproximados de circuitos elétricos, utilizando-se a seguinte fórmula:

$$Z = R \cos\phi + X \sen\phi$$

Tabela 19 - Queda de tensão em v/a.km, fio pirastic ecoflam, cabo pirastic ecoflam e cabo flexível pirastic ecoplus

Seção nominal (mm ²)	Eletroduto e eletrocalha ^(A) (material magnético)		Eletroduto e eletrocalha ^(A) (material não-magnético)			
	Pirastic Ecoflam, Pirastic Ecoplus		Pirastic Ecoflam e Pirastic Ecoplus			
	Circuito monofásico e trifásico		Circuito monofásico		Circuito trifásico	
	FP = 0,8	FP = 0,95	FP = 0,8	FP = 0,95	FP = 0,8	FP = 0,95
1,5	23	27,4	23,3	27,6	20,2	23,9
2,5	14	16,8	14,3	16,9	12,4	14,7
4	9,0	10,5	8,96	10,6	7,79	9,15
6	5,87	7,00	6,03	7,07	5,25	6,14
10	3,54	4,20	3,63	4,23	3,17	3,67
16	2,27	2,70	2,32	2,68	2,03	2,33
25	1,50	1,72	1,51	1,71	1,33	1,49
35	1,12	1,25	1,12	1,25	0,98	1,09
50	0,86	0,95	0,85	0,94	0,76	0,82
70	0,64	0,67	0,62	0,67	0,55	0,59
95	0,50	0,51	0,48	0,50	0,43	0,44
120	0,42	0,42	0,40	0,41	0,36	0,36
150	0,37	0,35	0,35	0,34	0,31	0,30
185	0,32	0,30	0,30	0,29	0,27	0,25
240	0,29	0,25	0,26	0,24	0,23	0,21
300	0,27	0,22	0,23	0,20	0,21	0,18
400	0,24	0,20	0,21	0,17	0,19	0,15
500	0,23	0,19	0,19	0,16	0,17	0,14

Notas:

a) As dimensões do eletroduto e da eletrocalha adotadas são tais que a área dos cabos não ultrapassa 40% da área interna dos mesmos.

b) Os valores da Tabela admitem uma temperatura no condutor de 70°C.

Tabela 20 - Queda de tensão em v/a.km, cabos sintenax econax, sintenax flex e voltalene ecolene

INSTALAÇÃO AO AR LIVRE ^(C) CABOS SINTENAX ECONAX, SINTENAX FLEX E VOLTALENE ECOLENE																		
Cabos unipolares ^(D)																		
Seção nominal (mm ²)	Circuito monofásico 				Circuito trifásico 				Circuito trifásico ^(B) 									
	S = 10 cm		S = 20 cm		S = 10 cm		S = 20 cm		S = 10 cm		S = 20 cm							
	FP	0,8	0,95	0,8	0,95	FP	0,8	0,95	FP	0,8	0,95	FP	0,8	0,95				
1,5	23,6	27,8	23,7	27,8	23,4	27,6	20,5	24,0	20,5	24,1	20,3	24,0	20,2	23,9	23,3	27,6	20,2	23,9
2,5	14,6	17,1	14,7	17,1	14,4	17,0	12,7	14,8	12,7	14,8	12,5	14,7	12,4	14,7	14,3	16,9	12,4	14,7
4	9,3	10,7	9,3	10,7	9,1	10,6	8,0	9,3	8,1	9,3	7,9	9,2	7,8	9,2	9,0	10,6	7,8	9,1
6	6,3	7,2	6,4	7,2	6,1	7,1	5,5	6,3	5,5	6,3	5,3	6,2	5,2	6,1	6,0	7,1	5,2	6,1
10	3,9	4,4	3,9	4,4	3,7	4,3	3,4	3,8	3,4	3,8	3,2	3,7	3,2	3,7	3,6	4,2	3,1	3,7
16	2,6	2,8	2,6	2,8	2,4	2,7	2,2	2,4	2,3	2,5	2,1	2,4	2,0	2,3	2,3	2,7	2,0	2,3
25	1,73	1,83	1,80	1,86	1,55	1,76	1,52	1,59	1,57	1,62	1,40	1,53	1,32	1,49	1,50	1,71	1,31	1,48
35	1,33	1,36	1,39	1,39	1,20	1,29	1,17	1,19	1,22	1,22	1,06	1,13	0,98	1,09	1,12	1,25	0,97	1,08
50	1,05	1,04	1,11	1,07	0,93	0,97	0,93	0,91	0,98	0,94	0,82	0,85	0,75	0,82	0,85	0,93	0,74	0,81
70	0,81	0,76	0,87	0,80	0,70	0,71	0,72	0,67	0,77	0,70	0,63	0,62	0,55	0,59	0,62	0,67	0,54	0,58
95	0,65	0,59	0,71	0,62	0,56	0,54	0,58	0,52	0,64	0,55	0,50	0,47	0,43	0,44	0,48	0,50	0,42	0,43
120	0,57	0,49	0,63	0,52	0,48	0,44	0,51	0,43	0,56	0,46	0,43	0,39	0,36	0,36	0,40	0,41	0,35	0,35
150	0,50	0,42	0,56	0,45	0,42	0,38	0,45	0,37	0,51	0,40	0,38	0,34	0,31	0,30	0,35	0,34	0,30	0,30
185	0,44	0,36	0,51	0,39	0,37	0,32	0,40	0,32	0,46	0,35	0,34	0,29	0,27	0,25	0,30	0,29	0,26	0,25
240	0,39	0,30	0,45	0,33	0,33	0,27	0,35	0,27	0,41	0,30	0,30	0,24	0,23	0,21	0,26	0,24	0,22	0,20
300	0,35	0,26	0,41	0,29	0,30	0,23	0,32	0,23	0,37	0,26	0,28	0,21	0,21	0,18	0,23	0,20	0,20	0,18
400	0,32	0,22	0,37	0,26	0,27	0,21	0,29	0,20	0,34	0,23	0,25	0,19	0,19	0,15	-	-	-	-
500	0,28	0,20	0,34	0,23	0,25	0,18	0,26	0,18	0,32	0,21	0,24	0,17	0,17	0,14	-	-	-	-
630	0,26	0,17	0,32	0,21	0,24	0,16	0,24	0,16	0,29	0,19	0,22	0,15	0,16	0,12	-	-	-	-
800	0,23	0,15	0,29	0,18	0,22	0,15	0,22	0,14	0,27	0,17	0,21	0,14	0,15	0,11	-	-	-	-
1000	0,21	0,14	0,27	0,17	0,21	0,14	0,20	0,13	0,25	0,16	0,20	0,13	0,14	0,10	-	-	-	-

a) Os valores da Tabela admitem uma temperatura no condutor de 70°C.

b) Válido para instalação em eletroduto não-magnético e diretamente enterrado.

c) Aplicável à fixação direta a parede ou teto, ou eletrocalha aberta, ventilada ou fechada, espaço de construção, bandeja, prateleira, suportes e sobre isoladores.

d) Aplicável também ao Fio Pirastic Ecoflam e Cabo Flexível Pirastic Ecoplus sobre isoladores.

Tabela 21 - Queda de tensão em v/a.km, cabos eprotenax ecofix, eprotenax flex e afumex

Seção nominal (mm ²)		Cabo unipolares ^(D)												Cabos uni e bipolares		Cabos tri e tetrapolares			
		INSTALAÇÃO AO AR LIVRE ^(C) CABOS EPROTENAX ECOFIX, EPROTENAX FLEX E AFUMEX												Circuito monofásico ^(B)		Circuito trifásico			
		Circuito monofásico				Circuito trifásico				Circuito trifásico ^(B)				Circuito monofásico ^(B)		Circuito trifásico			
		S = 10 cm		S = 20 cm		S = 10 cm		S = 20 cm		S = 10 cm		S = 20 cm		S = 10 cm		S = 20 cm		FP	
1,5	23,8	28,0	23,9	28,0	23,6	27,9	24,3	20,7	24,3	20,5	24,1	20,4	24,1	20,4	24,1	23,5	27,8	20,3	24,1
2,5	14,9	17,4	15,0	17,5	14,7	17,3	12,9	15,1	13,0	15,1	12,8	15,0	12,8	15,0	14,6	17,3	12,7	15,0	
4	9,4	10,9	9,5	10,9	9,2	10,8	8,2	9,5	8,2	9,5	8,0	9,4	7,9	9,3	9,1	10,8	7,9	9,3	
6	6,4	7,3	6,4	7,3	6,2	7,2	5,5	6,3	5,6	6,3	5,4	6,2	5,3	6,2	6,1	7,1	5,3	6,2	
10	3,9	4,4	4,0	4,4	3,7	4,3	3,4	3,8	3,5	3,8	3,3	3,7	3,2	3,7	3,6	4,2	3,2	3,7	
16	2,58	2,83	2,64	2,86	2,42	2,74	2,25	2,46	2,31	2,48	2,12	2,39	2,05	2,35	2,34	2,70	2,03	2,34	
25	1,74	1,85	1,81	1,88	1,61	1,77	1,53	1,61	1,58	1,64	1,41	1,55	1,34	1,51	1,52	1,73	1,32	1,50	
35	1,34	1,37	1,40	1,41	1,21	1,30	1,18	1,20	1,23	1,23	1,06	1,14	0,99	1,10	1,15	1,26	0,98	1,09	
50	1,06	1,05	1,12	1,09	0,94	0,99	0,94	0,92	0,99	0,95	0,83	0,87	0,76	0,83	0,86	0,95	0,75	0,82	
70	0,81	0,77	0,88	0,80	0,70	0,71	0,72	0,68	0,78	0,70	0,63	0,63	0,56	0,59	0,63	0,67	0,54	0,58	
95	0,66	0,59	0,72	0,62	0,56	0,54	0,59	0,52	0,64	0,55	0,50	0,48	0,43	0,44	0,48	0,50	0,42	0,44	
120	0,57	0,49	0,63	0,53	0,48	0,45	0,51	0,44	0,56	0,46	0,43	0,40	0,36	0,36	0,40	0,41	0,35	0,35	
150	0,50	0,42	0,57	0,46	0,42	0,38	0,45	0,38	0,51	0,41	0,39	0,34	0,32	0,31	0,35	0,35	0,30	0,30	
185	0,44	0,36	0,51	0,39	0,38	0,32	0,40	0,32	0,46	0,35	0,34	0,29	0,27	0,26	0,30	0,29	0,26	0,25	
240	0,39	0,30	0,45	0,33	0,33	0,27	0,35	0,27	0,41	0,30	0,30	0,24	0,23	0,21	0,26	0,24	0,22	0,21	
300	0,35	0,26	0,41	0,29	0,30	0,24	0,32	0,24	0,37	0,26	0,28	0,21	0,21	0,18	0,23	0,20	0,20	0,18	
400	0,31	0,23	0,38	0,26	0,27	0,21	0,29	0,21	0,34	0,23	0,25	0,19	0,19	0,16	-	-	-	-	
500	0,28	0,20	0,34	0,23	0,25	0,18	0,26	0,18	0,32	0,21	0,24	0,17	0,17	0,14	-	-	-	-	
630	0,26	0,17	0,32	0,21	0,24	0,16	0,24	0,16	0,29	0,19	0,22	0,15	0,16	0,12	-	-	-	-	
800	0,23	0,15	0,29	0,18	0,22	0,15	0,22	0,14	0,27	0,17	0,21	0,14	0,15	0,11	-	-	-	-	
1000	0,21	0,14	0,27	0,17	0,21	0,14	0,21	0,13	0,25	0,16	0,20	0,13	0,14	0,10	-	-	-	-	

a) Os valores da Tabela admitem uma temperatura no condutor de 70°C.

b) Válido para instalação em eletroduto não-magnético e diretamente enterrado.

c) Aplicável à fixação direta a parede ou teto, ou eletrocalha aberta, ventilada ou fechada, espaço de construção, bandeja, prateleira, suportes e sobre isoladores.

Tabela 22 - Resistência elétrica e reatâncias indutivas de fios e cabos isolados em pvc, epr e xlpe em condutos fechados (valores em Ω/km)

Seção (mm ²) [1]	Rcc (A)	Condutos não-magnéticos (B) Circuitos FN / FF / 3F	
		Rca [3]	XL [4]
1,5	12,1	14,48	0,16
2,5	7,41	8,87	0,15
4	4,61	5,52	0,14
6	3,08	3,69	0,13
10	1,83	2,19	0,13
16	1,15	1,38	0,12
25	0,73	0,87	0,12
35	0,52	0,63	0,11
50	0,39	0,47	0,11
70	0,27	0,32	0,10
95	0,19	0,23	0,10
120	0,15	0,19	0,10
150	0,12	0,15	0,10
185	0,099	0,12	0,094
240	0,075	0,094	0,098
300	0,060	0,078	0,097
400	0,047	0,063	0,096
500	0,037	0,052	0,095
630	0,028	0,043	0,093
800	0,022	0,037	0,089
1000	0,018	0,033	0,088

(A) Resistência elétrica em corrente contínua calculada a 70°C no condutor.

(B) Válido para condutores isolados, cabos unipolares e multipolares instalados em condutos fechados não magnéticos.



Tabela 23 - Resistências elétricas e reatâncias indutivas de fios e cabos isolados em pvc, epr e xlpe ao ar livre (valores em Ω/km)

Seção (mm ²)	R _{cc} (A)	CONDUTORES ISOLADOS - CABOS UNIPOLARES AO AR LIVRE ^(B)									
		Circuito FN / FF									
		S = de 		S = 2 de 		S = 10 cm 		S = 20 cm 		Trifólio	
[1]	[2]	R _{ca} [3]	X _L [4]	R _{ca} [5]	X _L [6]	R _{ca} [7]	X _L [8]	R _{ca} [9]	X _L [10]	R _{ca} [11]	X _L [12]
1,5	12,1	14,48	0,16	14,48	0,21	14,48	0,39	14,48	0,44	14,48	0,16
2,5	7,41	8,87	0,15	8,87	0,20	8,87	0,37	8,87	0,42	8,87	0,15
4	4,61	5,52	0,14	5,52	0,19	5,52	0,35	5,53	0,40	5,52	0,14
6	3,08	3,69	0,14	3,69	0,18	3,69	0,33	3,69	0,39	3,69	0,14
10	3,83	2,19	0,13	2,19	0,17	2,19	0,32	2,19	0,37	2,19	0,13
16	1,15	1,38	0,12	1,38	0,17	1,38	0,30	1,38	0,35	1,38	0,12
25	0,73	0,87	0,12	0,87	0,17	0,87	0,28	0,87	0,34	0,87	0,12
35	0,52	0,63	0,11	0,63	0,16	0,63	0,27	0,63	0,32	0,63	0,11
50	0,39	0,46	0,11	0,46	0,16	0,46	0,26	0,46	0,31	0,46	0,11
70	0,72	0,32	0,10	0,32	0,16	0,32	0,25	0,32	0,30	0,32	0,10
95	0,19	0,23	0,10	0,23	0,15	0,23	0,24	0,23	0,29	0,23	0,10
120	0,15	0,19	0,10	0,18	0,15	0,18	0,23	0,18	0,28	0,19	0,10
150	0,12	0,15	0,10	0,15	0,15	0,15	0,22	0,15	0,27	0,15	0,10
185	0,099	0,12	0,10	0,12	0,15	0,12	0,21	0,12	0,26	0,12	0,10
240	0,075	0,09	0,10	0,09	0,15	0,09	0,20	0,09	0,25	0,09	0,10
300	0,060	0,08	0,10	0,07	0,15	0,07	0,19	0,07	0,24	0,08	0,10
400	0,047	0,06	0,10	0,06	0,15	0,06	0,18	0,06	0,23	0,06	0,10
500	0,037	0,05	0,10	0,05	0,15	0,05	0,17	0,05	0,23	0,05	0,10
630	0,028	0,04	0,09	0,04	0,15	0,04	0,16	0,04	0,22	0,04	0,09
800	0,022	0,04	0,09	0,03	0,14	0,03	0,15	0,03	0,20	0,04	0,09
1000	0,018	0,03	0,09	0,03	0,14	0,03	0,14	0,03	0,19	0,03	0,09

(A) Resistência elétrica em corrente contínua calculada a 70°C no condutor.

(B) Válidos para linhas elétricas ao ar livre, bandejas, suportes e leitos para cabos.

Tabela 24 - Resistências elétricas e reatâncias indutivas de fios e cabos isolados em pvc, epr e xipe ao ar livre (valores em Ω/km)

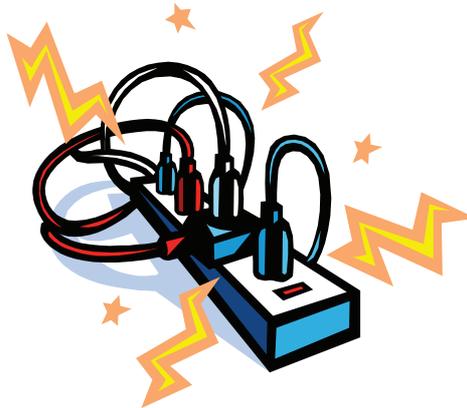
Seção (mm ²)	R _{cc} ^(A)	CONDUTORES ISOLADOS - CABOS UNIPOLARES AO AR LIVRE ^(B) Circuitos 3F												Cabos bi e tripolares (B)			Cabo tetrapolar (B)					
		S = de			S = 2 de			S = 10cm			S = 20cm			Trifólio			FN / FF / 3F			3F + N / 3F + PE		
		Rca [13]	X _L [14]	Rca [15]	X _L [16]	Rca [17]	X _L [18]	Rca [19]	X _L [20]	Rca [21]	X _L [22]	Rca [23]	X _L [24]	Rca [25]	X _L [26]	Rca [27]	X _L [28]	Rca [29]	X _L [30]			
1,5	12,1	14,48	0,17	14,48	0,23	14,48	0,40	14,48	0,46	14,48	0,16	14,48	0,12	14,48	0,12	14,48	0,12	14,48	0,14			
2,5	7,41	8,87	0,16	8,87	0,22	8,87	0,38	8,87	0,44	8,87	0,15	8,87	0,12	8,87	0,12	8,87	0,12	8,87	0,13			
4	4,61	5,52	0,16	5,52	0,22	5,52	0,37	5,52	0,42	5,52	0,14	5,52	0,12	5,52	0,12	5,52	0,12	5,52	0,13			
6	3,08	3,69	0,15	3,69	0,20	3,69	0,35	3,69	0,40	3,69	0,14	3,69	0,11	3,69	0,11	3,69	0,11	3,69	0,12			
10	1,83	2,19	0,14	2,19	0,20	2,19	0,34	2,19	0,39	2,19	0,13	2,19	0,10	2,19	0,10	2,19	0,10	2,19	0,12			
16	1,15	1,38	0,14	1,38	0,19	1,38	0,32	1,38	0,37	1,38	0,12	1,38	0,10	1,38	0,10	1,38	0,10	1,38	0,11			
25	0,73	0,87	0,13	0,87	0,18	0,87	0,30	0,87	0,35	0,87	0,11	0,87	0,10	0,87	0,10	0,87	0,10	0,87	0,11			
35	0,52	0,63	0,13	0,63	0,18	0,63	0,29	0,63	0,34	0,63	0,11	0,63	0,09	0,63	0,09	0,63	0,09	0,63	0,11			
50	0,39	0,46	0,13	0,46	0,18	0,46	0,28	0,46	0,33	0,46	0,11	0,46	0,09	0,46	0,09	0,46	0,09	0,46	0,11			
70	0,27	0,32	0,12	0,32	0,17	0,32	0,27	0,32	0,32	0,32	0,10	0,32	0,09	0,32	0,09	0,32	0,09	0,32	0,10			
95	0,19	0,23	0,12	0,23	0,17	0,23	0,25	0,23	0,30	0,23	0,10	0,23	0,09	0,23	0,09	0,23	0,09	0,23	0,10			
120	0,15	0,19	0,12	0,18	0,17	0,18	0,24	0,18	0,29	0,18	0,10	0,18	0,09	0,18	0,09	0,18	0,09	0,18	0,10			
150	0,12	0,15	0,12	0,15	0,17	0,15	0,23	0,15	0,29	0,15	0,10	0,15	0,09	0,15	0,09	0,15	0,09	0,15	0,10			
185	0,099	0,12	0,12	0,12	0,17	0,12	0,23	0,12	0,28	0,12	0,10	0,12	0,09	0,12	0,09	0,12	0,09	0,12	0,10			
240	0,075	0,09	0,12	0,09	0,17	0,09	0,22	0,09	0,27	0,09	0,10	0,09	0,09	0,10	0,09	0,10	0,09	0,09	0,10			
300	0,060	0,08	0,11	0,07	0,17	0,07	0,21	0,07	0,26	0,07	0,10	0,07	0,08	0,10	0,08	0,10	0,08	0,08	0,10			
400	0,047	0,06	0,11	0,06	0,17	0,06	0,20	0,06	0,25	0,06	0,10	0,06	0,06	0,10	0,06	0,10	0,06	0,06	0,10			
500	0,037	0,05	0,11	0,05	0,16	0,05	0,19	0,05	0,24	0,05	0,10	0,05	0,05	0,10	0,05	0,10	0,05	0,05	0,10			
630	0,028	0,04	0,11	0,04	0,16	0,04	0,18	0,04	0,23	0,04	0,09	0,04	0,04	0,09	0,04	0,09	0,04	0,04	0,09			
800	0,022	0,04	0,11	0,03	0,16	0,03	0,16	0,03	0,22	0,03	0,09	0,03	0,04	0,09	0,03	0,09	0,03	0,03	0,09			
1000	0,018	0,03	0,11	0,03	0,16	0,03	0,16	0,03	0,21	0,03	0,09	0,03	0,03	0,09	0,03	0,09	0,03	0,03	0,09			

NOTAS:

- a) Resistência elétrica em corrente contínua calculada a 70°C no condutor.
- b) Válidos para linhas elétricas ao ar livre, bandejas, suportes e leitos para cabos.

7.4. Sobrecarga

(conforme NBR 5410/97, item 5.3.3)



A “sobrecarga” não é exatamente um critério de dimensionamento dos condutores, entretanto, intervêm na determinação da sua seção.

A NBR 5410 prescreve que devem ser previstos dispositivos de proteção para interromper toda corrente de sobrecarga nos condutores dos circuitos antes que esta possa provocar um aquecimento prejudicial à isolamento, às ligações, aos terminais ou às vizinhanças das linhas.

A característica de funcionamento de um dispositivo protegendo um circuito contra sobrecargas deve satisfazer às duas seguintes condições:

- $I_b \leq I_n \leq I_z$
- $I_2 \leq 1,45 I_z$

onde:

I_b = corrente de projeto do circuito;

I_z = capacidade de condução de corrente dos condutores;

I_n = corrente nominal do dispositivo de proteção (ou corrente de ajuste para dispositivos ajustáveis);

I_2 = corrente convencional de atuação, para disjuntores, ou corrente convencional de fusão, para fusíveis.

Nota 1:

A condição $I_2 \leq 1,45 I_z$ é aplicável quando for possível assumir que a temperatura limite de sobrecarga dos condutores não seja mantida por um tempo superior a 100 h durante 12 meses consecutivos ou por 580 h ao longo da vida útil do condutor. Quando isso não ocorrer, esta condição deve ser substituída por $I_2 \leq I_z$.

Nota 2:

Corrente convencional de atuação é o valor especificado de corrente que provoca a atuação do dispositivo dentro do tempo convencional. Para o caso de disjuntores em geral até 50A, esta corrente é igual a $1,35 I_n$, sendo o tempo convencional igual a 1 h. Para disjuntores com corrente nominal maior do que 50A, esta corrente é de $1,35 I_n$, com tempo convencional de atuação de 2 h.

8. SELEÇÃO E DIMENSIONAMENTO DAS PROTEÇÕES



DISJUNTORES DE BAIXA TENSÃO

São dispositivos de manobra e de proteção. Os disjuntores possuem quatro funções básicas:

- Promovem a proteção elétrica de um circuito;
- Podem promover a proteção contra choques elétricos (por contatos indiretos) em instalações que utilizem esquema de aterramento TN ou IT;
- Permitem comandar voluntariamente circuitos sob carga;
- Promovem o seccionamento de um circuito, à medida que, ao abrir um circuito, asseguram uma distância de isolamento adequada.

Os disjuntores possuem, via de regra, pelo menos dois níveis de proteção:

- Contra sobrecorrentes pequenas e moderadas (através de disparadores eletromagnéticos ou térmicos);
- Contra sobrecorrentes elevadas (através de disparadores eletromagnéticos).

Obs.: Os disjuntores de baixa tensão mais comuns operam com disparadores térmicos e eletromagnéticos, atuando respectivamente nas pequenas e elevadas sobrecorrentes. São chamados de disjuntores termomagnéticos.

São também conhecidos como disjuntores em caixa moldada. Montados em uma caixa de material isolante, são de construção compacta, podem ser mono, bi ou tripolares, geralmente com acionamento manual.

Os disjuntores usuais em instalações elétricas em baixa tensão são do tipo caixa moldada e possuem disparadores térmicos (para sobrecorrente) e eletromagnéticos (para correntes de curto-circuito). Estes disjuntores são chamados de disjuntores termomagnéticos.

Características Nominais:

A NBR 5361 recomenda para os disjuntores de baixa tensão diversos valores de corrente nominal, consideradas condições normais de serviço, que são os seguintes:

5, 10, 15, 20, 25, 30, 35, 40, 50, 63, 70, 80, 100, 125, 150, 175, 200, 225, 250, 275, 300, 320, 350, 400, 500, 600, 700, 800, 1.000, 1.200, 1.400, 1.600, 1.700, 1.800, 2.000, 2.500, 3.000, 4.000, 4.500, 5.000A

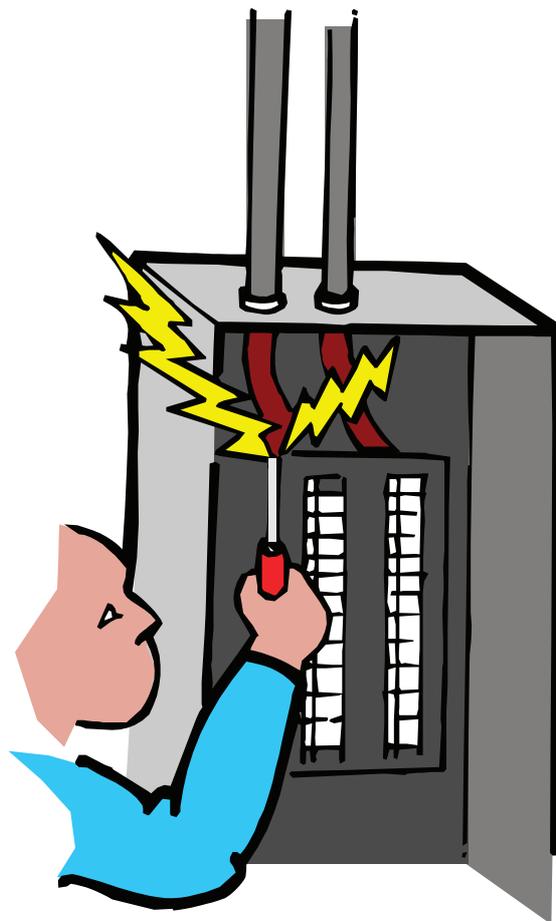
Obs.: São consideradas pela NBR 5361 as seguintes condições normais de serviço para os disjuntores de baixa tensão:

- Altitude não superior a 2.000 m;
- Temperatura ambiente máxima de 40°C, com valor médio, num período de 24 h, não excedendo a 35°C e temperatura mínima de -5°C;
- Umidade relativa não superior a 50% a uma temperatura máxima de 40°C.

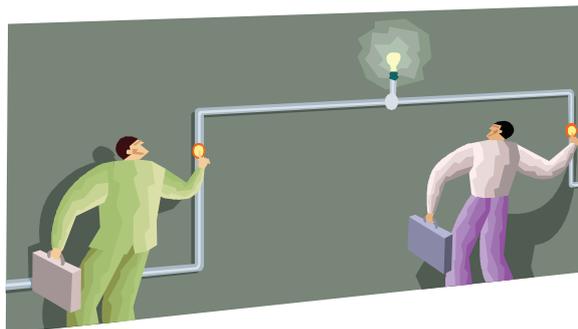
Dimensionamento:

Para os disjuntores comuns utilizados em geral na proteção de circuitos terminais e situados na faixa de correntes nominais que vai de 5 a 100 A, basta escolher um dispositivo com corrente nominal não seja superior a capacidade de condução de corrente do condutor.

É importante observar que, seguindo essa regra, corre-se o risco de não proteger o condutor para pequenas correntes de sobrecarga, isto é, inferiores a 45% da capacidade de condução de corrente do condutor. É, portanto, aconselhável (embora não prescrito na NBR 5410/97) escolher disjuntores com corrente nominal inferior de 20% a 30% da capacidade de condução do condutor, quando forem previstas pequenas correntes de sobrecarga.



9. SELEÇÃO E DIMENSIONAMENTO DOS ELETRODUTOS



- Normalmente, em instalações elétricas de baixa tensão, utiliza-se eletrodutos de PVC rígido, quando a instalação for embutida, ou eletrodutos metálicos, quando aparente.
- Em eletrodutos só devem ser instalados condutores isolados, cabos unipolares e cabos multipolares. Admite-se a utilização de condutor nú em eletroduto isolante exclusivo, quando tal condutor destinar-se a aterramento.
- Só podem ser colocados, num mesmo eletroduto, condutores de circuitos diferentes quando estes se originarem do mesmo quadro de distribuição.
- Os condutores ou cabos não devem ocupar uma percentagem da área útil do eletroduto conforme indicado na Tabela abaixo:

Quantidade de condutores ou cabos	Máxima ocupação em relação à área útil do eletroduto
	53%
2	31%
3 ou mais	40%

- Não deve haver trecho retilíneo contínuo de tubulação (sem interposição de caixas de derivação e equipamentos) superiores a 15 m, sendo que, nos trechos com curvas, essa distância deve ser reduzida de 3 m para cada curva de 90° .
- Em cada trecho entre duas caixas, ou entre duas extremidades, ou ainda entre caixa e extremidade, só devem ser previstas, no máximo, 3 curvas de 90° , ou seu equivalente até, no máximo, 270° , não devendo ser previstas curvas com deflexão superior a 90° .
- As caixas de derivação devem ser previstas:
 - Em todos os pontos de entrada ou saída de condutores ou cabos na tubulação, exceto nos pontos de transição ou passagem de linhas abertas para linhas em eletrodutos, os quais, nesses casos, devem ser rematados com buchas;
 - Em todos os pontos de emenda ou derivação dos condutores ou cabos;
 - Para dividir a tubulação quando necessário;
- Quando o ramal de eletroduto passar, obrigatoriamente, por áreas inacessíveis, onde não haja possibilidade de emprego de caixas de derivação, a distância máxima entre caixas pode ser aumentada, procedendo-se da seguinte forma:

- Calcula-se a distância máxima permitida considerando as curvas existentes;
 - Para cada 6 m, ou fração, de aumento da distância máxima, utiliza-se um eletroduto de tamanho nominal imediatamente superior ao que seria normalmente utilizado.
- i. Tradicionalmente no Brasil os eletrodutos eram designados por seu *diâmetro interno* em polegadas. Com o advento das novas normas, a designação passou a ser feita pelo *tamanho nominal*, um simples número sem dimensão. As Tabelas abaixo apresentam a correspondência entre ambas as designações, para eletrodutos de aço-carbono e PVC.

Eletroduto rígido de aço-carbono	
Tamanho nominal	Diâmetro Interno
10	$\frac{3}{8}$
15	$\frac{1}{2}$
20	$\frac{3}{4}$
25	1
32	1 $\frac{1}{4}$
40	1 $\frac{1}{2}$
50	2
65	2 $\frac{1}{2}$
80	3
90	3 $\frac{1}{2}$
100	4
125	5
150	6

Eletroduto rígido de PVC	
Tamanho nominal	Diâmetro Interno
16	$\frac{1}{2}$
20	$\frac{3}{4}$
25	1
32	1 $\frac{1}{4}$
40	1 $\frac{1}{2}$
50	2
60	2 $\frac{1}{2}$
75	3
85	3 $\frac{1}{2}$



Eletroduto Rígido de Aço-Carbono sem Costura (NBR 5597)

Tamanho Nominal	Diâmetro		Tolerância (mm)	Espessura da parede		Área interna disponível (por caso)					
	Externo (mm)	(mm)		Serie EXTRA (mm)	Serie PESADA (mm)	53%(EXT) (mm ²)	53%(PES) (mm ²)	31%(EXT) (mm ²)	31%(PES) (mm ²)	40%(EXT) (mm ²)	40%(PES) (mm ²)
10	17,1	0,38	2,25	2,00	2,00	62,16	67,35	36,36	39,39	46,91	50,83
15	21,3	0,38	2,65	2,25	2,25	101,56	112,23	59,40	65,64	76,65	84,70
20	26,7	0,38	2,65	2,25	2,25	183,92	198,19	107,58	115,92	138,81	149,58
25	33,4	0,38	3,00	2,65	2,65	303,90	319,85	177,76	187,08	229,36	241,40
32	42,2	0,38	3,35	3,00	3,00	513,42	534,09	300,30	312,39	387,49	403,09
40	48,3	0,38	3,35	3,00	3,00	707,26	731,49	413,68	427,85	533,78	552,07
50	60,3	0,38	3,75	3,35	3,35	1143,83	1179,00	669,03	689,61	863,26	889,81
65	73,0	0,64	4,50	3,75	3,75	1671,08	1751,14	977,42	1024,25	1261,19	1321,61
80	88,9	0,64	4,75	3,75	3,75	2582,12	2714,93	1510,30	1587,98	1948,77	2049,00
90	101,6	0,64	5,00	4,25	4,25	3444,03	3558,55	2014,43	2081,42	2599,27	2685,70
100	114,3	0,64	5,30	4,25	4,25	4421,26	4603,27	2586,02	2692,48	3336,80	3474,17
125	141,3	1,41	6,00	5,00	5,00	6808,30	7022,91	3982,22	4107,74	5138,34	5300,31
150	168,3	1,68	6,30	5,30	5,30	9874,61	10132,73	5775,72	5926,69	7452,54	7647,34

**Eletroduto Rígido de PVC Tipo Soldável
(NBR 6150)**

Tamanho Nominal	Diâmetro Externo (mm)	Tolerância (mm)	Espessura da parede		Tolerância* (mm)	Área interna disponível (pior caso)					
			Classe A (mm)	Classe B (mm)		53%(A) (mm ²)	53%(B) (mm ²)	31%(A) (mm ²)	31%(B) (mm ²)	40%(A) (mm ²)	40%(B) (mm ²)
16	16	0,3	1,5	1,0	0,4	67,14	78,13	39,27	45,70	50,67	58,96
20	20	0,3	1,5	1,0	0,4	116,09	130,41	67,90	76,28	87,62	98,42
25	25	0,3	1,7	1,0	0,4	188,85	214,50	110,46	125,46	142,53	161,88
32	32	0,3	2,1	1,0	0,4	314,80	367,18	184,13	214,77	237,58	277,12
40	40	0,4	2,4	1,0	0,5	504,11	588,49	294,86	344,21	380,46	444,15
50	50	0,4	3,0	1,1	0,5	791,30	935,24	462,83	547,03	597,20	705,84
60	60	0,4	3,3	1,3	0,5	1169,28	1352,43	683,92	791,05	882,47	1020,70
75	75	0,4	4,2	1,5	0,5	1824,24	2133,99	1067,01	1248,18	1376,78	1610,56
85	85	0,4	4,7	1,8	0,6	2353,97	2731,09	1376,85	1597,43	1776,58	2061,20

*Tolerância p/ espessura das paredes para ambas as Classes, para mais.

**Eletroduto Rígido de PVC Tipo Roscável
(NBR 6150)**

Tamanho Nominal	Diâmetro Externo (mm)	Tolerância (mm)	Espessura da parede		Tolerância* (mm)	Área interna disponível (pior caso)					
			Classe A (mm)	Classe B (mm)		53%(A) (mm ²)	53%(B) (mm ²)	31%(A) (mm ²)	31%(B) (mm ²)	40%(A) (mm ²)	40%(B) (mm ²)
16	16,7	0,3	2,0	1,8	0,4	64,00	68,20	37,44	39,89	48,31	51,47
20	21,1	0,3	2,5	1,8	0,4	103,92	123,15	60,78	72,03	78,43	92,94
25	26,2	0,3	2,6	2,3	0,4	178,36	188,85	104,33	110,46	134,61	142,53
32	33,2	0,3	3,2	2,7	0,4	292,32	314,80	170,98	184,13	220,62	237,58
40	42,2	0,3	3,6	2,9	0,5	501,22	542,48	293,16	317,30	378,28	409,42
50	47,8	0,4	4,0	3,0	0,5	646,19	713,45	377,96	417,30	487,69	538,46
60	59,4	0,4	4,6	3,1	0,5	1032,34	1160,47	603,82	678,76	779,13	875,83
75	75,1	0,4	5,5	3,8	0,5	1689,06	1874,18	987,94	1096,22	1274,76	1414,47
85	88,0	0,4	6,2	4,0	0,6	2353,97	2637,50	1376,85	1542,69	1776,58	1990,56

*Tolerância p/ espessura das paredes para ambas as Classes, para mais.

10. CÁLCULO DA DEMANDA

10.1. Carga instalada

A carga instalada de uma unidade consumidora é o somatório das potências nominais de placa dos aparelhos elétricos e das potências de iluminação. Serve para determinar o tipo de fornecimento e para o dimensionamento das entradas de serviço de unidades consumidoras individuais atendidas a 2 (fase e neutro) ou 3 (duas fases e neutro) condutores.

Potências Médias de Aparelhos Eletrodomésticos e de Aquecimento

Tipo		Potência (W)	Tipo		Potência (W)
Aquecedor de água por acumulação	Até 80 l	1500	Geladeira		250
	De 100 a 150 l	2500	Geladeira duplex		500
	De 200 a 400 l	4000	Grill		1200
Aquecedor de água por passagem		6000	Hidromassagem		660
Aquecedor de ambiente		1000	Impressora		150
Aspirador de pó		700	Liqüidificador		350
Batedeira		100	Máquina de costura		100
Cafeteira		600	Máquina de lavar louças		1500
		1200	Máquina de lavar roupas	c/ aquecimento	1500
Chuveiro		4200		s/ aquecimento	400
		6000	Máquina de secar roupas		3500
Equipamento de som		50	Microcomputador		150
Ebulidor		1000	Moedor de lixo		300 a 600
Enceradeira		300	Rádio gravador		50
Espregador de frutas		200	Secador de cabelos		1000
Exaustor / Coifa		100	Som modular (por módulo)		50
Ferro de passar automático		1000	Torneira elétrica		2500
Freezer com 1 ou 2 portas		250	Torradeira		1000
Freezer com 3 ou 4 portas		500	TV		100
Fogão (por boca)		1500	Ventilador		100
Forno (de embutir)		4500	Vídeo cassete		25
Forno de microondas		1200			

Potências Nominais de Condicionadores de Ar Tipo Janela

Capacidade		Potência Nominal	
BTU/h	Kcal/h	W	VA
7000	1750	1100	1500
8500	2125	1300	1550
10000	2500	1400	1650
12000	3000	1600	1900
14000	3500	1900	2100
18000	4500	2600	2860
21000	5250	2800	3080
30000	7500	3600	4000

Notas:

* Valores obtidos para os aparelhos até 12000 BTU/h, ligados em 127 ou 220V e para os aparelhos a partir de 14000BTU/h ligados em 220V;

* Quando a capacidade do sistema de refrigeração estiver indicada em TR (Tonelada de Refrigeração) considerar o seguinte:

- o Sistemas até 50TR em uma unidade: 1,8kVA/TR.
- o Sistemas acima de 50TR com mais de uma unidade: 2,3kVA/TR.
- o Sistemas acima de 100TR: 2,8kVA/TR.
- o Sistemas até 50TR em várias unidades pequenas (10TR) distribuídas: 1kVA/TR.

10.2. Determinação da Demanda

O cálculo da demanda deve ser feito para unidades consumidoras com carga instalada superior a 8,8kW (220/127V), e servirá para a definição da categoria de atendimento e para o dimensionamento das entradas trifásicas.

A demanda para entradas de serviços individuais ou para agrupamentos, deve ser calculada a partir da carga declarada, determinada conforme o item anterior e através da seguinte expressão:

$$D(kVA) = (a + b + 1,5c + d + e + f)$$

Onde:

- a** = demanda de iluminação e tomadas;
- b** = demanda dos aparelhos para aquecimento (chuveiros, aquecedores, fornos, fogões, etc.);
- c** = demanda dos aparelhos de ar condicionado, tipo janela;
- d** = demanda das unidades centrais de condicionamento de ar;
- e** = demanda dos motores elétricos e máquinas de solda a motor;
- f** = demanda das máquinas de solda a transformador e aparelhos de raio X;

PREVISÃO DE CARGA

Nos cálculos da demanda os seguintes valores limites mínimos de potência para força motriz devem ser considerados:

- **Para residências isoladas:** 1CV (*);
- **Para casas de vila:** 2CV (*);
- **Para apartamentos ou UC (Unidades Consumidoras) de entradas Coletivas:** 2CV por UC (*);
- **Para escritórios:** 1CV para cada 15m² de área útil, quando não houver previsão de refrigeração central (*);
- Para lojas e Galpões:
 - 1CV/UC se: área útil ≤ 15m² (**);
 - 3CV/UC se: 15m² < área útil ≤ 30m² (**);
 - 5CV/UC se: área útil > 30m² (**);

Notas:

(*) referente a previsão de aparelhos de ar condicionado tipo janela;

(**) referente a previsão para motores, devendo a diferença entre esses valores e a carga instalada em motores, quando positiva, ser considerada como um único motor.

No caso de lojas em que na carga declarada conste previsão para ar condicionado tipo janela, a potência total prevista (CV) também poderá ser deduzida dos valores ora estabelecidos.

a = DEMANDA DE ILUMINAÇÃO E TOMADAS

Descrição	Carga Mínima (W/m²)	Fator de Demanda (%)
Bancos	50	86
Clubes	20	86
Igrejas	15	86
Lojas	30	86
Restaurantes	20	86
Auditórios, Salões para Exposições	15	86
Barbearias, Salões de Beleza	30	86
Garagens, Depósitos, Áreas de Serviço	5	86
Escolas	30	86 para os primeiro 12kW 50 para o que exceder de 12kW
Escritórios	50	86 para os primeiro 20kW 70 para o que exceder de 20kW
Hospitais	20	40 para os primeiro 50kW 20 para o que exceder de 50kW
Hotéis	20	50 para os primeiro 20kW 40 para os seguintes 80kW 30 para o que exceder de 100kW
Residências	30	Potência P(kW) 0 < P ≤ 1; 86 1 < P ≤ 2; 75 2 < P ≤ 3; 66 3 < P ≤ 4; 59 4 < P ≤ 5; 52 5 < P ≤ 6; 45 6 < P ≤ 7; 40 7 < P ≤ 8; 35 8 < P ≤ 9; 31 9 < P ≤ 10; 27 10 < P; 24

Notas:

1. Instalações em que, por sua natureza, a carga seja utilizada simultaneamente, devem ser consideradas com fator de demanda de 100%;
2. Não estão considerados nesta tabela os letreiros luminosos e a iluminação de vitrinas;
3. O valor da carga para iluminação e tomadas de unidades residenciais, além de satisfazer a condição mínima de 30W/m² de área construída, nunca deve ser inferior a 2,2kW, por unidade.

b = DEMANDA DOS APARELHOS PARA AQUECIMENTO (CHUVEIROS, AQUECEDORES, FORNOS, FOGÕES, ETC.);

Número de aparelhos	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Fator de Demanda (%)	100	75	70	66	62	59	56	53	51	49	47	45	43

Número de aparelhos	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25 ou mais
Fator de Demanda (%)	41	40	39	38	37	36	35	34	33	32	31	30

Notas:

- * Para o dimensionamento de ramais de entrada destinados a atender mais de uma unidade consumidora, devem ser aplicados fatores de demanda para cada tipo de aparelho, separadamente, sendo a demanda total de aquecimento o somatório das demandas obtidas.

c = DEMANDA DOS APARELHOS DE AR CONDICIONADO, TIPO JANELA

EM RESIDÊNCIAS

Potência Instalada em Aparelhos (CV)	Fator de Demanda (%)
1 a 10	100
11 a 20	85
21 a 30	80
31 a 40	75
41 a 50	70
51 a 75	65
Acima de 75	60

EM ESCRITÓRIOS

Potência Instalada em Aparelhos (CV)	Fator de Demanda (%)
1 a 25	100
26 a 50	90
51 a 100	80
Acima de 100	70

Notas:

- * Quando se tratar de unidade central, deve ser considerado um fator de demanda igual a 100%. E a demanda em kVA, determinada através dos dados fornecidos pelo fabricante.

e = DEMANDA DOS MOTORES ELÉTRICOS E MÁQUINAS DE SOLDA A MOTOR**CARGAS INDIVIDUAIS**

Potência (CV)	1/6	1/4	1/3	1/2	3/4	1	1 1/2	2	3
Carga (kVA)	0,45	0,63	0,76	1,01	1,24	1,43	2,00	2,60	3,80

Potência (CV)	5	7 1/2	10	15	20	25	30	40	50
Carga (kVA)	5,40	7,40	9,20	12,70	16,40	20,30	24,00	30,60	40,80

FATORES DE DEMANDA

Número Total de Motores	1	2	3 a 5	Mais de 5
Fator de Demanda (%)	100	90	80	70

Notas:

- * A demanda de um conjunto de motores será o produto do somatório das cargas individuais pelo fator de demanda correspondente ao número total de motores que compõem o conjunto.

f = DEMANDA DAS MÁQUINAS DE SOLDA A TRANSFORMADOR E APARELHOS DE RAIO X;

Aparelho	Potência	Fator de Demanda (%)
Solda a Arco e Galvanização	1º maior	100
	2º maior	70
	3º maior	40
	Soma dos demais	30
Solda a Resistência	Maior	100
	Soma dos demais	60
Raio X	Maior	100
	Soma dos demais	70

Notas:

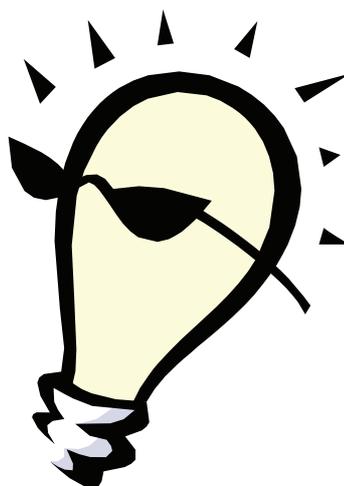
- * Máquinas de solda tipo motor-gerador devem ser consideradas como motores.

Dimensionamento de Entradas Individuais Monofásicas e Bifásicas

Tensão de Fornecimento	Categoria de Fornecimento	Carga Instalada (kW)	LIMITES DE POTÊNCIA INSTALADA				Disjuntor Termomagnético (A)	Condutor do Ramal de Entrada em Eletroduto de PVC (mm ²)
			Motores (CV) ⁽²⁾	Máquinas de solda ou aparelhos de galvanização (kVA) ⁽³⁾	Aparelhos de Raio X (kVA) ⁽³⁾	Máquina de solda a resistência (kVA) ⁽³⁾		
220/ 127	M1	$CI \leq 3,3$	1,0	-	-	-	30	6
	M2	$CI \leq 4,4$		1,2	1,3	1,5	40	10
	B1	$4,4 < CI \leq 6,6$	2,0	1,3 (F-N) ou 3,0 (F-F)	1,3 (F-N) ou 3,6 (F-F)	1,5 (F-N) ou 3,7 (F-F)	30	6
	B2	$4,4 < CI \leq 8,8$		40	10			
380/ 220	M3	$CI \leq 5,7$	1,5	2,0	2,2	2,6	30	6
	M4	$CI \leq 7,6$		40	10			
	B3	$7,6 < CI \leq 11,4$	3,0	2,0 (F-N) ou 5,2 (F-F)	2,2 (F-N) ou 6,2 (F-F)	2,6 (F-N) ou 6,4 (F-F)	30	6
	B4	$7,6 < CI \leq 15,2$		40	10			
230/ 115	M5	$CI \leq 3,0$	1,0	0	0	0	30	6
	M6	$CI \leq 4,0$		0	0	0	40	10
	B5	$4,0 < CI \leq 6,0$	2,0	0	0	0	30	6
	B6	$4,0 < CI \leq 8,0$		0	0	0	40	10
	B7	$8,0 < CI \leq 16,0$		5,0	0	0	0	70

Notas:

- (1) As categorias M1 e M5 são adequadas para o atendimento a consumidores de baixa renda;
- (2) O suprimento de motores com potências superiores aos valores estabelecidos dependerá de mudança da categoria de atendimento;
- (3) A ligação de aparelhos com potências superiores às estabelecidas dependerá da elaboração de estudos especiais pela concessionária.
- (4) As categorias M1, M5, B1 e B5 são recomendadas para o atendimento de consumidores que não utilizem equipamentos elétricos para aquecimento d'água.



Dimensionamento de Entradas Individuais Trifásicas – 220/127V

Demanda da Instalação (kVA)	Potência do maior motor ou máquina de solda a motor (CV)			Limite de potência Instalada (kVA) (4) (5)									Disjuntor (A)	Condutor do ramal de Entrada em Eletroduto de PVC (mm ²) (1)	Corrente Nominal (A)	
				Máquina de solda a arco ou aparelho de galvanização			Aparelhos De ratio X			Máquinas de Solda a resistência					Base fusível	Elos fusíveis
	F-N	F-F	3F	F-N	F-F	3F	F-N	F-F	3F	F-N	F-F	3F				
D ≤ 10,0 (9)	1	2	3										30	4 (1 x 6)		
D ≤ 13,2													40	4 (1 x 10)		
13,2 < D ≤ 23,2	2	5	20										70	4 (1 x 25)		
23,2 < D ≤ 33,0	3	7,5	25										100	4 (1 x 35)		
33,0 < D ≤ 41,0	5	7,5	30										125	4 (1 x 50)		
41,0 < D ≤ 49,4	7,5	10	40										150	4 (1 x 70)	200	200
49,4 < D ≤ 57,8	-	-	-										175	4 (1 x 95)		
57,8 < D ≤ 66,1	-	-	-										200	4 (1 x 95)	400	300
66,1 < D ≤ 74,5	-	-	-	1,2	3,0	6,0	1,3	3,6	7,2	1,5	3,7	7,5	225	4 (1 x 120)		
74,5 < D ≤ 82,5	-	-	-										250	4 (1 x 120)		
82,5 < D ≤ 98,8	-	-	-										300	8 (1 x 70)		
98,8 < D ≤ 115,5	-	-	-										350	8 (1 x 95)	600	500
115,5 < D ≤ 132,2	-	-	-										400	8 (1 x 120)		600
132,2 < D ≤ 165,3	-	-	-										500			
165,3 < D ≤ 198,4	-	-	-										600		2x400	2x400
198,4 < D ≤ 231,4	-	-	-										700			2x500
231,4 < D ≤ 264,5	-	-	-										800	(2) (3)	2x600	2x600

Notas:

- (1) Os condutores indicados nesta coluna serão, também, adequados à ligação dos transformadores de corrente;
- (2) O ramal de entrada será obrigatoriamente subterrâneo quando do atendimento a demandas superiores a:

Tensão	Dispositivo de proteção geral	
	Disjuntor	Fusível NH
220/127	132,2 kVA	85,1 kVA
380/220	229,0 kVA	147,4 kVA

- (3) O dimensionamento dos condutores de ramais de entrada subterrâneos será feito com base em tabelas específicas;
- (4) Os limites estabelecidos para cargas F-N, F-F e 3F, não são cumulativos;
- (5) A ligação de aparelhos com potências superiores às estabelecidas dependerá da elaboração de estudos especiais pela concessionária.

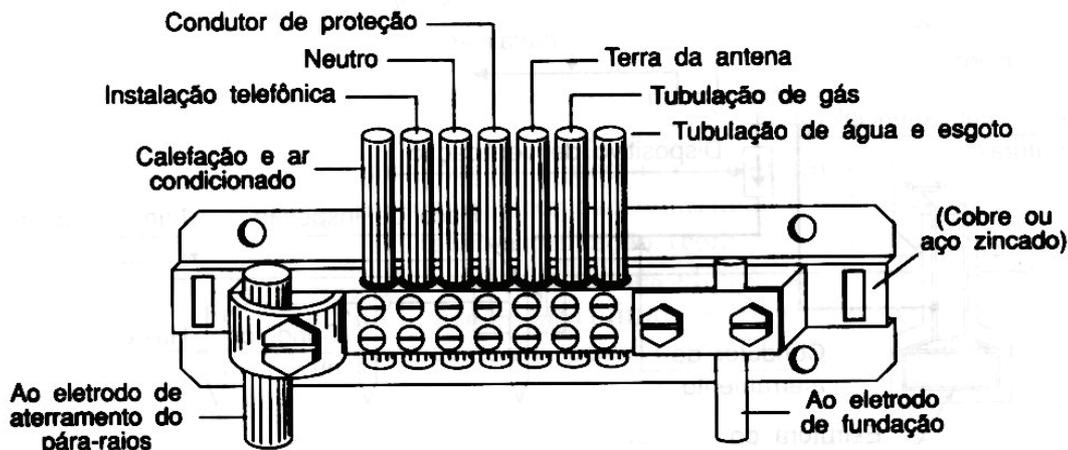
11. COMPONENTES DO ATERRAMENTO DE PROTEÇÃO

O aterramento de proteção, de acordo com a NBR 5410/97 obrigatório em qualquer tipo de prédio, baseia-se principalmente na equipotencialidade das massas e elementos condutores estranhos à instalação. Seu “coração é o **terminal de aterramento principal**, geralmente uma barra, que realiza a chamada **ligação equipotencial principal**, reunindo:

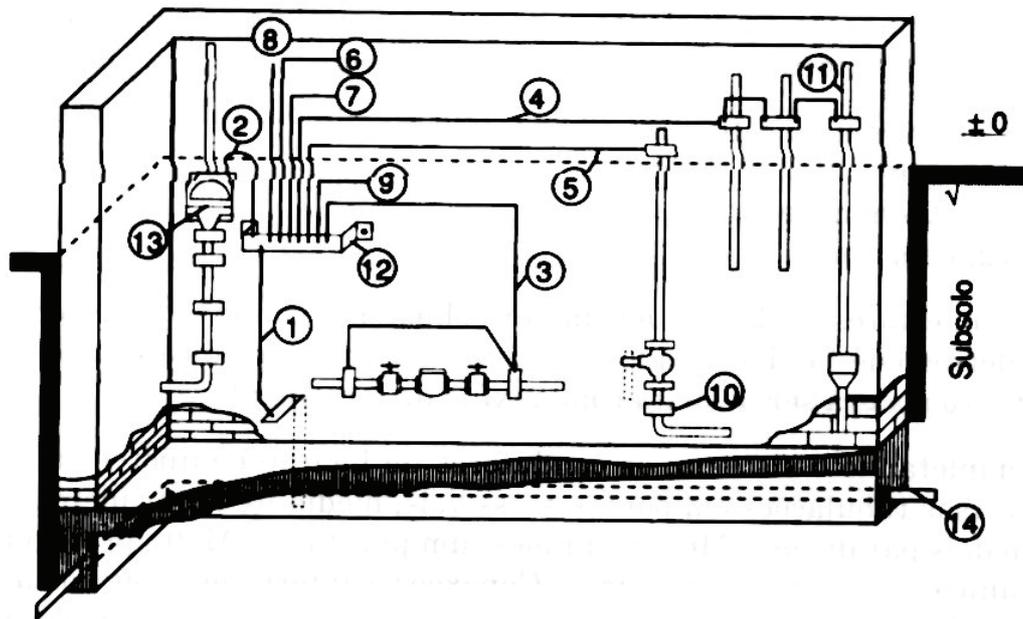
- **condutor de aterramento**, que liga o terminal ao eletrodo de aterramento;
- O(s) **condutor(es) de equipotencialidade principal(is)**, que interliga(m) as canalizações metálicas de água, gás e outras utilidades, as colunas ascendentes de sistemas de aquecimento central ou condicionamento de ar, os elementos metálicos da construção e outras estruturas metálicas, os cabos de telecomunicações; quando qualquer desses elementos originar-se no exterior da edificação, sua ligação ao terminal de aterramento principal deve ser feita o mais proximamente possível do ponto em que penetram no prédio;
- O(s) **condutor(es) que liga(m) o(s) eletrodo(s) da aterramento** do sistema de proteção contra descargas atmosféricas (para-raios) e da antena externa de televisão ao terminal de aterramento principal;
- Os **condutores de proteção principais**, que interligam o terminal de aterramento principal aos terminais de aterramentos dos diversos quadros de distribuição da instalação.

O **terminal de aterramento principal** deve ser de cobre com seção de 25mm^2 , ou de aço zincado a fogo, com seção de condutividade equivalente, e possuir no mínimo os seguintes terminais, devidamente identificados:

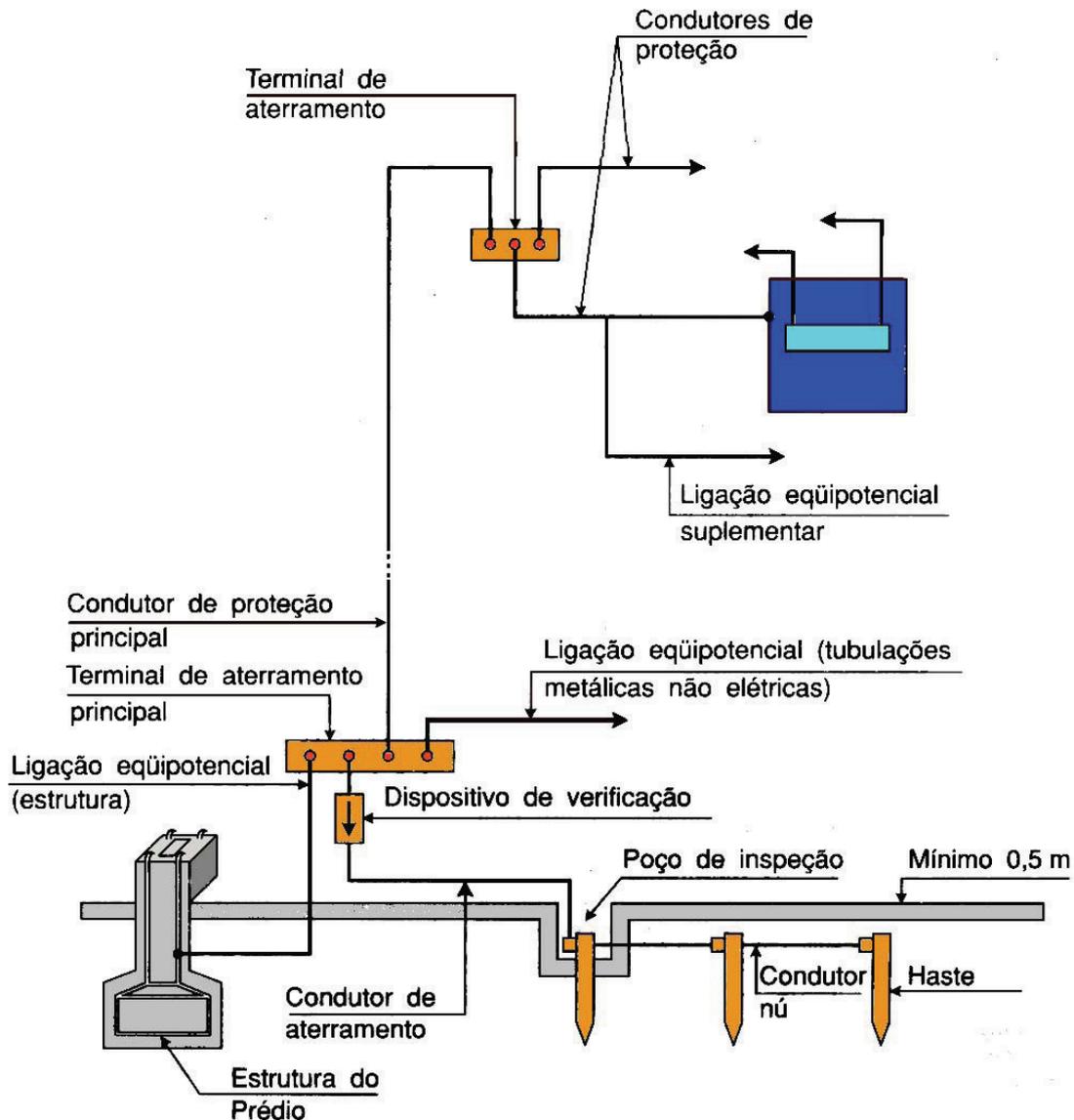
- Um terminal de $30 \times 4\text{mm}$ ou $\phi 10\text{mm}$;
- Um terminal de 50mm^2 ;
- Vários de 6mm^2 a 25mm^2 (conforme o caso);
- Um de $2,5\text{mm}^2$ a 6mm^2 .



Exemplo de aplicação do **terminal de aterramento principal**.



1. Condutor de aterramento principal;
2. Condutor de proteção principal;
3. Canalização de água;
4. Canalização de aquecimento central;
5. Canalização de gás;
6. Eletrodo de aterramento da antena;
7. Instalação de telecomunicações;
8. Eletrodo de aterramento do pára-raios;
9. Reserva;
10. Luva isolante interposta na canalização de gás;
11. Canalização de esgoto quando metálica;
12. Barra de ligação equipotencial principal;
13. Mufla do cabo entrada de baixa tensão;
14. Eletrodo de aterramento das fundações;



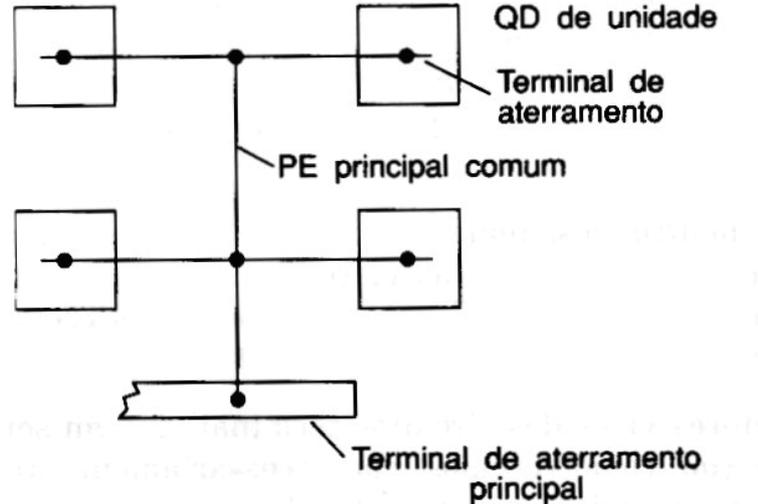
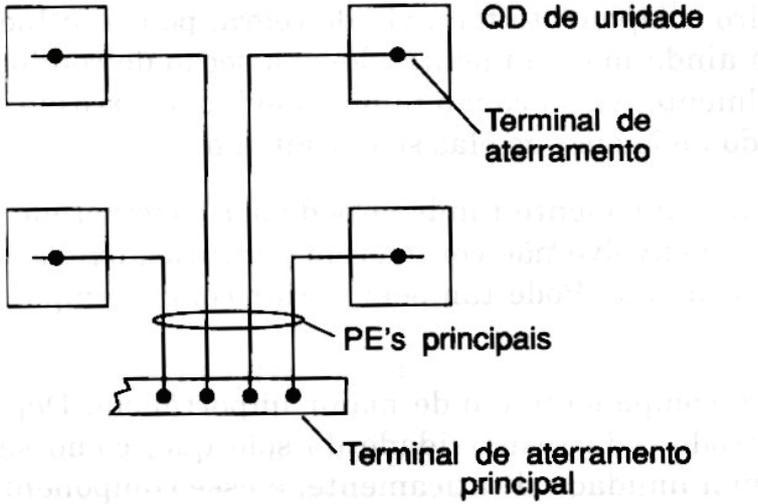
O **condutor de proteção (PE** – também conhecido como *terra de proteção*) pode ser comum a vários circuitos de distribuição ou terminais, quando estes estiverem contidos no mesmo conduto. Sendo que a instalação deve ser preparada de forma que os terminais dos equipamentos sejam capazes de aceitar os condutores de proteção (NBR 5410/97 – 6.4.3).

O dimensionamento do condutor **PE** deve ser determinado de acordo com a tabela 3 da apostila.

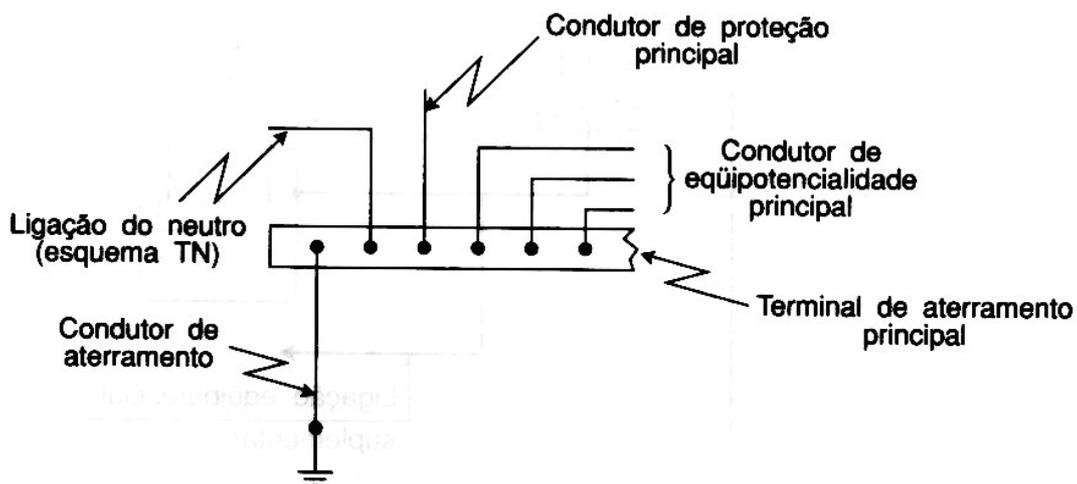
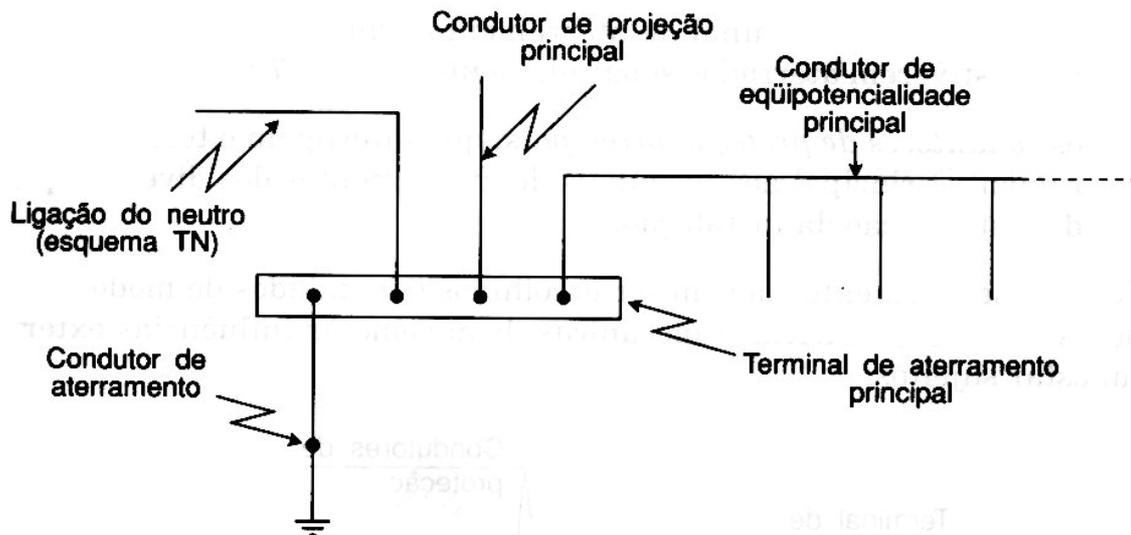
Os **condutores da ligação equipotencial principal** devem possuir seções que não sejam inferiores à metade da seção do condutor de proteção de maior seção da instalação, com um mínimo de 6mm^2 .

Os **condutores das ligações equipotenciais suplementares**, quando ligando duas massas, devem possuir uma seção igual ou superior à seção do condutor de proteção de menor seção ligado à essas massas. Quando ligando uma massa a um elemento condutor estranho à instalação, deve possuir uma seção igual ou superior à metade da seção do condutor de proteção ligado a essa massa.

Configurações dos **condutores de proteção** principais.



Configurações do condutor de equipotencialidade principal



O **condutor de aterramento**, ligando o terminal de aterramento principal ao eletrodo de aterramento embutido nas fundações, deve ter uma seção mínima de 50mm^2 .

Quando o **condutor de aterramento** estiver enterrado no solo, sua seção mínima deverá estar de acordo com a tabela a seguir:

Condutor de aterramento nú	Cobre: 16mm^2 em solos ácidos 25mm^2 em solos alcalinos Aço: 50mm^2
----------------------------	--

O **eletrodo de aterramento** preferencial em uma edificação é o constituído pelas armaduras de aço embutidas no concreto das fundações das edificações. Quando este tipo de eletrodo não for praticável, podem ser utilizados os eletrodos convencionais.

12. BIBLIOGRAFIA

- NISKIER, J. & MACINTYRE, A. J., *Instalações Elétricas*, 2^a Ed., Guanabara Dois, Rio de Janeiro, RJ, 1992.
- COTRIN, A. A. M. B., *Instalações Elétricas*, 3^a Ed., Makron Books, São Paulo, SP, 1992.
- FILHO, J. Mamede, *Instalações Elétricas Industriais*, 5^a Ed., Livros Técnicos e Científicos S.A., Rio de Janeiro, RJ, 1997.
- DE CAMARGO, J. R. P., *Notas de aula da disciplina de Instalações Elétricas de Baixa Tensão do Curso de Engenharia Elétrica do IME*, Rio de Janeiro, RJ, 2000.
- Web Site da PIRRELI CABOS S.A.
- Web Site da OSRAM
- Manual Luminotécnico Prático - OSRAM