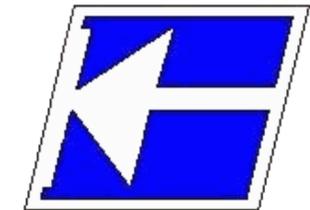




Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Santa Catarina
Departamento Acadêmico de Eletrônica
Acionamentos Eletrônicos



Projeto de Instalações Elétricas

Prof. Clovis Antonio Petry.

Florianópolis, junho de 2021.

Curso Básico de Acionamentos Eletrônicos

O material do curso está disponível em:

1. Moodle para os alunos matriculados na disciplina;
2. Página do professor;
3. Canal no youtube do professor.



<https://moodle.ifsc.edu.br>



www.ProfessorPetry.com.br



<https://www.youtube.com>



INSTITUTO FEDERAL
SANTA CATARINA

Agenda

Esta aula está organizada em:

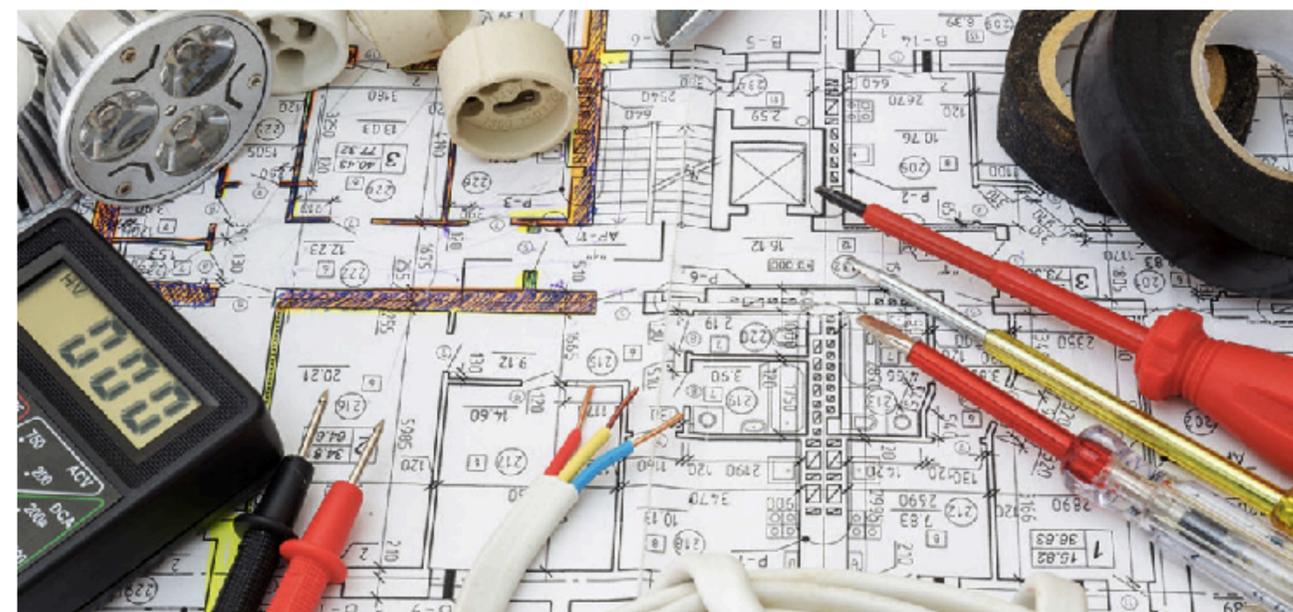
1. Elementos do projeto elétrico;
2. Recomendações normativas e técnicas;
3. Metodologia de projeto;
4. Exemplo de projeto.



Elementos do projeto elétrico

A norma NBR 5410 determina que a instalação deve ser executada a partir de projeto específico, que deve conter, no mínimo:

- a) Plantas;
- b) Esquemas unifilares e outros, quando aplicáveis;
- c) Detalhes de montagem, quando necessários;
- d) Memorial descritivo da instalação;
- e) Especificação dos componentes (descrição, características nominais e normas que devem atender);
- f) Parâmetros de projeto (correntes de curto-circuito, queda de tensão, fatores de demanda considerados, temperatura ambiente etc.).

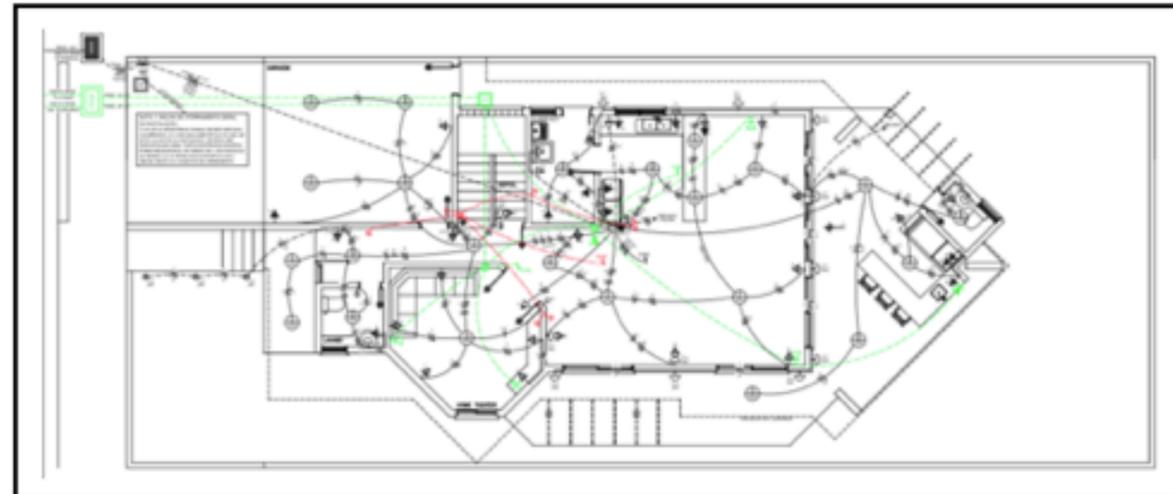


Elementos do projeto elétrico

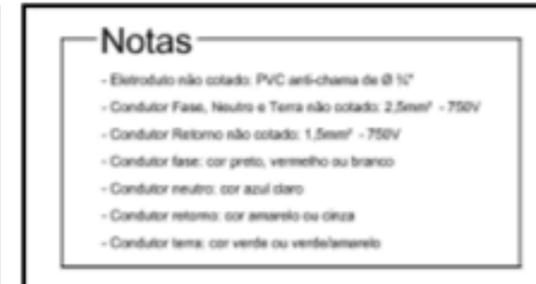
Elementos de uma planta de um projeto elétrico:

- Diagrama unifilar sobre a planta baixa;
- Quadro de cargas;
- Diagrama unifilar do quadro de distribuição;
- Detalhes construtivos;
- Anotações;
- Legenda;
- Identificação (rótulo).

Diagrama unifilar sobre a planta baixa



Anotações



Legenda

LEGENDA	
	Tomada 220V 15A
	Tomada 220V 10A
	Tomada 220V 5A
	Tomada 220V 3A
	Tomada 220V 1A
	Tomada 220V 0,5A
	Tomada 220V 0,25A
	Tomada 220V 0,125A
	Tomada 220V 0,0625A
	Tomada 220V 0,03125A
	Tomada 220V 0,015625A
	Tomada 220V 0,0078125A
	Tomada 220V 0,00390625A
	Tomada 220V 0,001953125A
	Tomada 220V 0,0009765625A
	Tomada 220V 0,00048828125A
	Tomada 220V 0,000244140625A
	Tomada 220V 0,0001220703125A
	Tomada 220V 0,00006103515625A
	Tomada 220V 0,000030517578125A
	Tomada 220V 0,0000152587890625A
	Tomada 220V 0,00000762939453125A
	Tomada 220V 0,000003814697265625A
	Tomada 220V 0,0000019073486328125A
	Tomada 220V 0,00000095367431640625A
	Tomada 220V 0,000000476837158203125A
	Tomada 220V 0,0000002384185791015625A
	Tomada 220V 0,00000011920928955078125A
	Tomada 220V 0,000000059604644775390625A
	Tomada 220V 0,0000000298023223876953125A
	Tomada 220V 0,00000001490116119384765625A
	Tomada 220V 0,000000007450580596923828125A
	Tomada 220V 0,0000000037252902984619140625A
	Tomada 220V 0,00000000186264514923095703125A
	Tomada 220V 0,000000000931322574615478515625A
	Tomada 220V 0,0000000004656612873077392578125A
	Tomada 220V 0,00000000023283064365386962890625A
	Tomada 220V 0,000000000116415321826934814453125A
	Tomada 220V 0,0000000000582076609134674071875A
	Tomada 220V 0,00000000002910383045673370359375A
	Tomada 220V 0,000000000014551915228366851796875A
	Tomada 220V 0,0000000000072759576141834258984375A
	Tomada 220V 0,00000000000363797880709171244921875A
	Tomada 220V 0,000000000001818989403545856224609375A
	Tomada 220V 0,0000000000009094947017729281123046875A
	Tomada 220V 0,00000000000045474735088646405615234375A
	Tomada 220V 0,000000000000227373675443232028076171875A
	Tomada 220V 0,000000000000113686837721616014038089375A
	Tomada 220V 0,0000000000000568434188608080070190446875A
	Tomada 220V 0,00000000000002842170943040400350452234375A
	Tomada 220V 0,000000000000014210854715202001752261171875A
	Tomada 220V 0,00000000000000710542735760100087613089375A
	Tomada 220V 0,000000000000003552713678800500438065446875A
	Tomada 220V 0,0000000000000017763568394002502190327234375A
	Tomada 220V 0,00000000000000088817841970012510951636171875A
	Tomada 220V 0,0000000000000004440892098500625547568089375A
	Tomada 220V 0,00000000000000022204460492503127737840446875A
	Tomada 220V 0,000000000000000111022302462515618689202234375A
	Tomada 220V 0,000000000000000055511151231278093443401171875A
	Tomada 220V 0,000000000000000027755575615614404672170589375A
	Tomada 220V 0,000000000000000013877787807807202336085446875A
	Tomada 220V 0,0000000000000000069388939039036011680427234375A
	Tomada 220V 0,0000000000000000034694469519518005840211171875A
	Tomada 220V 0,000000000000000001734723475975900292010589375A
	Tomada 220V 0,0000000000000000008673617379879501460052946875A
	Tomada 220V 0,00000000000000000043368086899397507300264734375A
	Tomada 220V 0,0000000000000000002168404344969875365013236171875A
	Tomada 220V 0,0000000000000000001084202172484937682506618089375A
	Tomada 220V 0,000000000000000000054210108624246884125330946875A
	Tomada 220V 0,0000000000000000000271050543121234420626654734375A
	Tomada 220V 0,000000000000000000013552502715561721033332736171875A
	Tomada 220V 0,0000000000000000000067762513577808605166663689375A
	Tomada 220V 0,00000000000000000000338812567889043025833318446875A
	Tomada 220V 0,000000000000000000001694062839445215129166592234375A
	Tomada 220V 0,0000000000000000000008470314197226075645832961171875A
	Tomada 220V 0,0000000000000000000004235157098613037822916480589375A
	Tomada 220V 0,00000000000000000000021175785493065189114582402946875A
	Tomada 220V 0,000000000000000000000105878927465325945572792014734375A
	Tomada 220V 0,00000000000000000000005293946373266297278639600736171875A
	Tomada 220V 0,000000000000000000000026469731866331486393198003689375A
	Tomada 220V 0,0000000000000000000000132348659331657431965990018446875A
	Tomada 220V 0,00000000000000000000000661743296658287159829950092234375A
	Tomada 220V 0,0000000000000000000000033087164832914357991497500461171875A
	Tomada 220V 0,00000000000000000000000165435824164571789957487500230589375A
	Tomada 220V 0,0000000000000000000000008271791208228589497872375001152946875A
	Tomada 220V 0,000000000000000000000000413589560411429498936118750005764734375A
	Tomada 220V 0,000000000000000000000000206794780205714749468059375000288236171875A
	Tomada 220V 0,00000000000000000000000010339739010285737473440296875000144118089375A
	Tomada 220V 0,00000000000000000000000005169869505142868736722148437500007205946875A
	Tomada 220V 0,000000000000000000000000025849347525714343683610721875000036029734375A
	Tomada 220V 0,00000000000000000000000001292467376285717184180536093750000180148671875A
	Tomada 220V 0,000000000000000000000000006462336881428585920902680468750000090074336171875A
	Tomada 220V 0,00000000000000000000000000323116844071429296045013402343750000045037168089375A
	Tomada 220V 0,0000000000000000000000000016155842203571464802250670117187500000225185840446875A
	Tomada 220V 0,00000000000000000000000000080779211017857324011253350589375000001125929202234375A
	Tomada 220V 0,00000000000000000000000000040389605508928662005626750294687500000562964601171875A

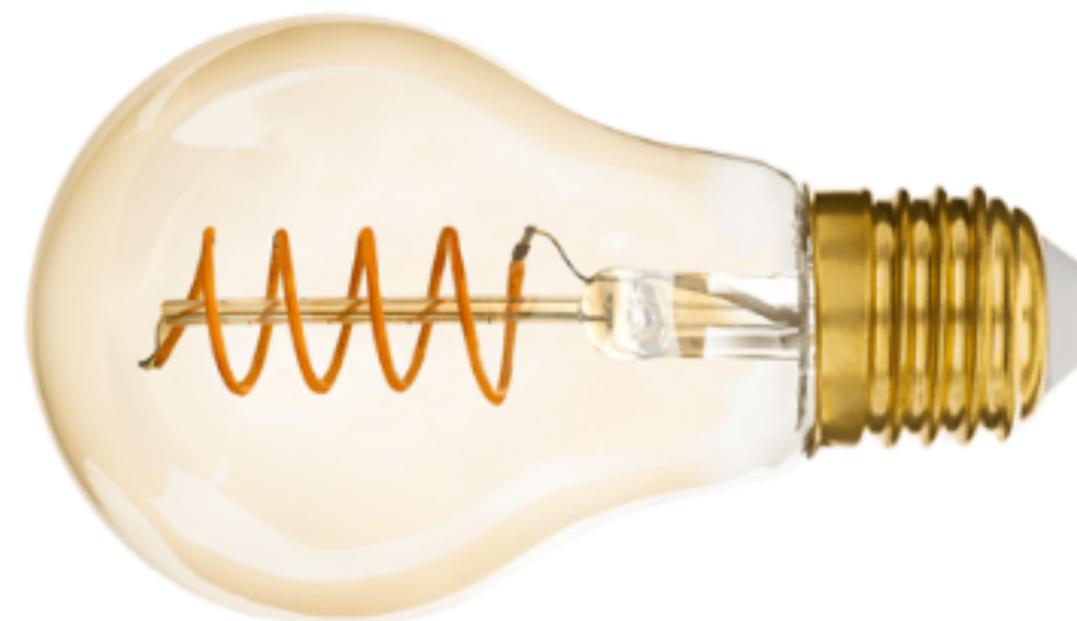
Recomendações normativas e técnicas

Elementos de iluminação

A NBR 5410 estabelece:

- 1 ponto de luz em cada cômodo, no mínimo;
- Arandelas no banheiro 60 cm afastadas do boxe;
- A carga da iluminação deve ser:
 - Para área igual ou inferior a 6 m² > atribuir um mínimo de 100 VA;
 - Para área superior a 6 m² > atribuir um mínimo de 100 VA para os primeiros 6 m², acrescido de 60 VA para cada aumento de 4 m² inteiros.

100 VA ou 100 VA + 60 VA a cada 4 m²



Lâmpada vintage

Fonte: <https://saveenergylife.com.br>

Recomendações normativas e técnicas

Elementos de conexão (tomadas)

A NBR 5410 estabelece:

- 1 ponto de tomada no banheiro, afastado de 60 cm do boxe;
- Em cozinhas, copas, copas-cozinhas, áreas de serviço, cozinha-área de serviço, lavanderias e locais análogos, um ponto de tomada para cada 3,5 m sendo no mínimo 2 pontos sobre a bancada ou pia;
- Varandas no mínimo 1 ponto, podendo ser em ambiente próximo;
- Salas e quartos pelo menos um ponto a cada 5 m de perímetro;
- Demais cômodos:
 - 1 ponto se área até 6 m²;
 - 1 ponto a cada 5 m de perímetro se área maior que 6 m².
- A potência das tomadas deve ser:
 - Em banheiros, cozinhas, copas, copas-cozinhas, áreas de serviço, lavanderias e locais análogos, no mínimo 600 VA por ponto de tomada, até três pontos, e 100 VA por ponto para os excedentes;
 - Demais cômodos, no mínimo 100 VA por ponto de tomada.

Considerar a usabilidade do ambiente e aquisições de equipamentos



Tomada de uso específico

Fonte: <https://www.se.com/br/pt>

Cálculo da potência total da instalação elétrica

O fator de potência, conforme a NBR 5410 é considerado:

- Elementos e circuitos de iluminação - fator de potência unitário (1);
- Tomadas de uso geral (TUG) - fator de potência de 0,8;
- Tomadas de uso específico (TUE) - fator de potência do equipamento que será alimentado.

**Fator de potência:
Iluminação > 1
TUG > 0,8**

Lembrar que:

$$P = S \cdot FP$$

$$S = V \cdot I$$

Onde:

- P - Potência ativa em watts (W);
- S - Potência aparente em volt-ampères (VA);
- V - Tensão eficaz em volts (V);
- I - Corrente eficaz em ampères (A).

Cálculo da potência total da instalação elétrica

Fator de demanda:

- O fator de demanda representa quanto da potência prevista será utilizada efetivamente nos momentos de maior demanda, visto que não serão ligados todos os elementos da instalação simultaneamente;
- Ao aplicar o fator de demanda se otimiza o projeto evitando superdimensionamento dos elementos da instalação, que implicariam em maiores custos para execução da mesma.

TUE

Iluminação e TUG

Potência ativa (W)	Fator de demanda
0 até 1000	0,86
1001 até 2000	0,75
2001 até 3000	0,66
3001 até 4000	0,59
4001 até 5000	0,52
5001 até 6000	0,45
6001 até 7000	0,40
7001 até 8000	0,35
8001 até 9000	0,31
9001 até 10000	0,27
Acima de 10000	0,24

Número de tomadas de uso específico (TUE)	Fator de demanda
1	1,00
2	1,00
3	0,84
4	0,76
5	0,70
6	0,65
7	0,60
8	0,57
9	0,54
10	0,52
11	0,49
12	0,48

Número de tomadas de uso específico (TUE)	Fator de demanda
13	0,46
14	0,45
15	0,44
16	0,43
17	0,40
18	0,40
19	0,40
20	0,40
21	0,39
22	0,39
23	0,39
24	0,38
25	0,38

Fonte: Adaptado de (NBR 5410, 2004)

Fonte: Adaptado de (Prysmian, 2006)

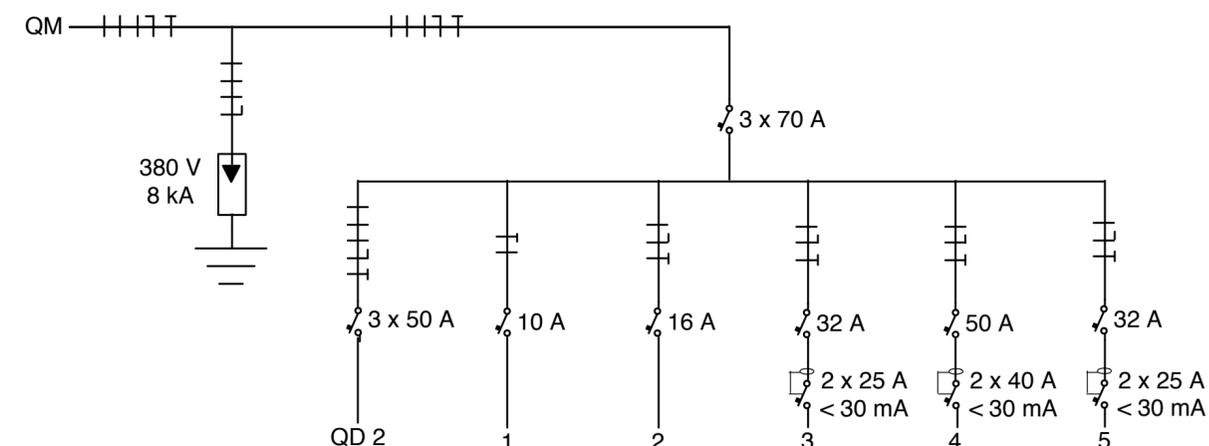
Divisão e agrupamento de circuitos

Os critérios estabelecidos pela NBR 5410 para se dividir o circuito são:

- Prever circuitos de iluminação separados dos circuitos de pontos de tomadas de uso geral;
- Prever circuitos independentes e exclusivos para cada equipamento com corrente nominal superior a 10 A. Assim, em 220 V, equipamentos com potências acima de 2200 VA devem ser separados dos demais circuitos;
- Pontos de tomadas de cozinhas, copas, copas-cozinhas, áreas de serviços, lavanderias e locais semelhantes devem ser alimentados por circuitos exclusivos, visto a norma recomendar o uso de tomadas de uso específico para estes locais.

Em (Mussoi, 2016) se recomenda:

- Circuitos dos elementos de iluminação - Agrupar os elementos até o limite de 10 A, o que implica em uma potência de 2200 VA em 220 V, sugerindo-se não ultrapassar 8 pontos de iluminação;
- Tomadas de uso geral (TUG) - Agrupar os elementos até o limite de 10 A, 2200 VA, sugerindo-se não ultrapassar 8 pontos de tomadas;
- Tomadas de uso específico (TUE) - Utilizar um circuito terminal independente para cada equipamento ou conjunto de equipamentos, conforme recomenda a NBR 5410 para cozinhas, copas, copas-cozinhas, áreas de serviços, lavanderias e locais semelhantes.



QM - Quadro de medição
 QD 2 - Quadro de distribuição 2
 1 - Circuito de iluminação
 2 - Tomadas de uso geral (TUG)
 3 - Tomada de uso específico (TUE), cozinha
 4 - Tomada de uso específico (TUE), chuveiro
 5 - Tomada de uso específico (TUE), banheiro

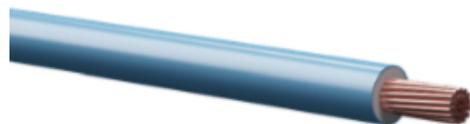
Exemplo de quadro de distribuição residencial

Dimensionamento dos condutores

A norma brasileira NBR NM280 atribui classes aos condutores, em termos de flexibilidade durante o manuseio dos mesmos:

- Classe 1 - Condutores sólidos (fios), que apresentam baixo grau de flexibilidade, isto é, são condutores rígidos;
- Classes 2, 4, 5 e 6 - Condutores formados por vários fios (cabos), sendo que, quanto mais alta a classe, maior a flexibilidade do cabo.

**Usar cabos flexíveis
classe 4 ou 5**



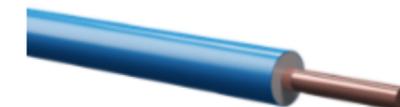
Cabo flexível (PVC; até 750 V)

Fonte: <http://www.corfio.com.br>



Cabo flexível (PVC; até 750 V)

Fonte: <http://www.corfio.com.br>



Fio rígido (PVC; até 750 V)

Fonte: <http://www.corfio.com.br>

Dimensionamento dos condutores

A NBR 5410 estabelece:

- Iluminação - Condutores com 1,5 mm² no mínimo;
- Força (tomadas de uso geral e específico) - Condutores com 2,5 mm² no mínimo.

Iluminação > seção mínima de 1,5 mm²
Força > seção mínima de 2,5 mm²

Seção dos condutores fase (mm ²)	Seção do condutor de proteção (mm ²)
1,5	1,5
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

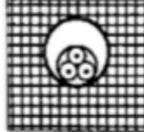
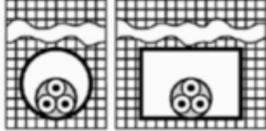
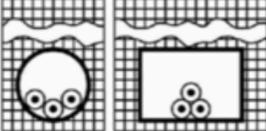
Tipo de linha		Utilização do circuito	Seção mínima do condutor em mm ²
Instalações fixas em geral	Condutores e cabos isolados	Circuitos de iluminação	1,5
		Circuitos de força	2,5
		Circuitos de sinalização e circuitos de controle	0,5*
	Condutores nus	Circuitos de força	10
Circuitos de sinalização e circuitos de controle		4	
Linhas flexíveis com cabos isolados		Para um equipamento específico	Conforme norma do equipamento
		Para qualquer outra aplicação	0,75
		Circuitos a extra-baixa tensão para aplicações especiais	0,75

* Em circuitos de sinalização e controle destinados a equipamentos eletrônicos é admitida uma seção mínima de 0,1 mm².

Dimensionamento dos condutores

Métodos de instalação indicados na NBR 5410:

- A1 - Condutores isolados em eletroduto de seção circular embutido em parede termicamente isolante;
- A2 - Cabo multipolar em eletroduto de seção circular embutido em parede termicamente isolante;
- B1 - Condutores isolados em eletroduto de seção circular sobre parede de madeira;
- B2 - Cabo multipolar em eletroduto de seção circular sobre parede de madeira;
- C - Cabos unipolares ou cabo multipolar sobre parede de madeira;
- D - Cabo multipolar em eletroduto enterrado no solo;
- E - Cabo multipolar ao ar livre;
- F - Cabos unipolares justapostos (na horizontal, na vertical ou em trifólio) ao ar livre;
- G - Cabos unipolares espaçados ao ar livre.

Número do método de instalação	Esquema ilustrativo	Descrição	Método de referência
7		Condutores isolados ou cabos unipolares em eletroduto de seção circular embutido em alvenaria	B1
8		Cabo multipolar em eletroduto de seção circular embutido em alvenaria	B2
61		Cabo multipolar em eletroduto (de seção circular ou não) ou em canaleta não-ventilada enterrado(a)	D
61A		Cabos unipolares em eletroduto (de seção não-circular ou não) ou em canaleta não-ventilada enterrado(a)	D

Fonte: Adaptado de (NBR 5410, 2004)

Dimensionamento dos condutores

Critério da capacidade de corrente

Capacidade de condução de corrente:

- Métodos de instalação;
- Temperatura até 70 °C;
- Isolação de PVC.

Capacidade de corrente (A)

Seções nominais mm ²	Métodos de referência											
	A1		A2		B1		B2		C		D	
	Número de condutores carregados											
	2	3	2	3	2	3	2	3	2	3	2	3
0,5	7	7	7	7	9	8	9	8	10	9	12	10
0,75	9	9	9	9	11	10	11	10	13	11	15	12
1	11	10	11	10	14	12	13	12	15	14	18	15
1,5	14,5	13,5	14	13	17,5	15,5	16,5	15	19,5	17,5	22	18
2,5	19,5	18	18,5	17,5	24	21	23	20	27	24	29	24
4	26	24	25	23	32	28	30	27	36	32	38	31
6	34	31	32	29	41	36	38	34	46	41	47	39
10	46	42	43	39	57	50	52	46	63	57	63	52
16	61	56	57	52	76	68	69	62	85	76	81	67
25	80	73	75	68	101	89	90	80	112	96	104	86
35	99	89	92	83	125	110	111	99	138	119	125	103
50	119	108	110	99	151	134	133	118	168	144	148	122
70	151	136	139	125	192	171	168	149	213	184	183	151
95	182	164	167	150	232	207	201	179	258	223	216	179
120	210	188	192	172	269	239	232	206	299	259	246	203
150	240	216	219	196	309	275	265	236	344	299	278	230
185	273	245	248	223	353	314	300	268	392	341	312	258
240	321	286	291	261	415	370	351	313	461	403	361	297
300	367	328	334	298	477	426	401	358	530	464	408	336
400	438	390	398	355	571	510	477	425	634	557	478	394

Fonte: Adaptado de (NBR 5410, 2004)

Dimensionamento dos condutores

Carregamento e agrupamento:

Número de condutores carregados

Esquema de condutores vivos do circuito	Número de condutores carregados a ser adotado
Monofásico a dois condutores	2
Monofásico a três condutores	2
Duas fases sem neutro	2
Duas fases com neutro	3
Trifásico sem neutro	3
Trifásico com neutro	3 ou 4

Fonte: Adaptado de (NBR 5410, 2004)

Fatores de correção para condutores agrupados

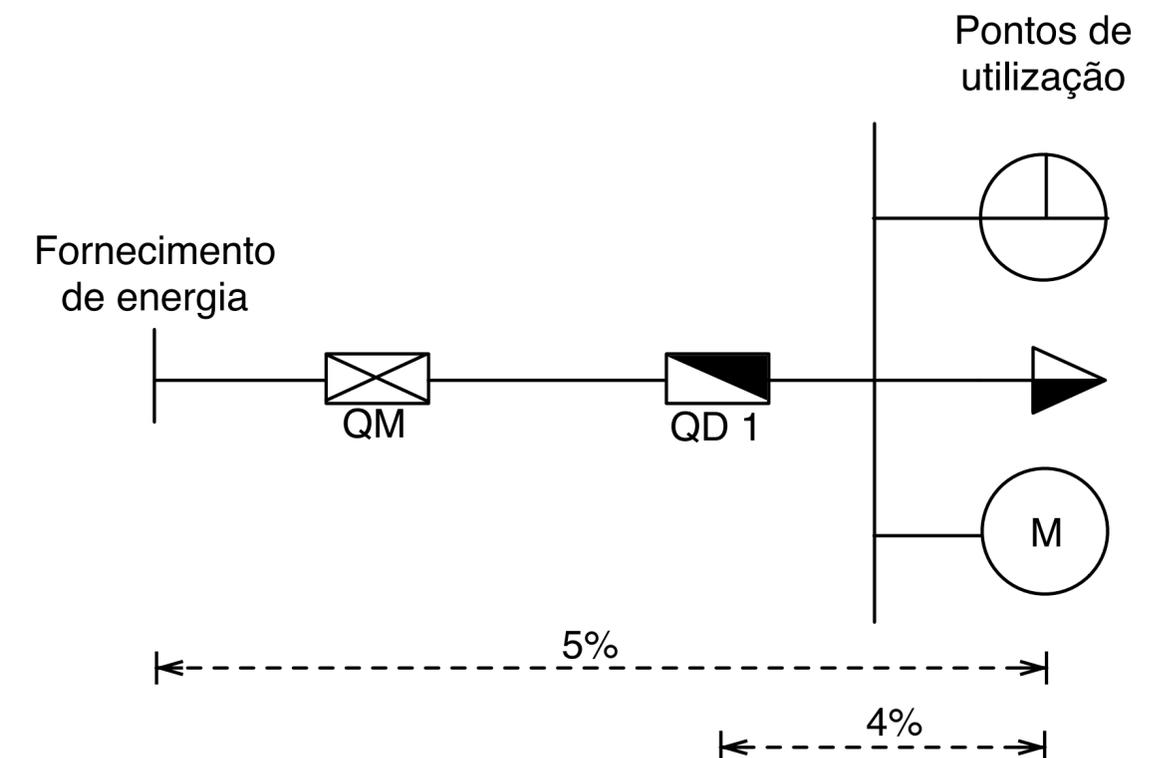
Número de circuitos ou de cabos multipolares											
1	2	3	4	5	6	7	8	9 a 11	12 a 15	16 a 19	≥20
1,00	0,80	0,70	0,65	0,60	0,57	0,54	0,52	0,50	0,45	0,41	0,38

Dimensionamento dos condutores

Critério da queda de tensão

A NBR estabelece que a queda de tensão não pode ser superior a:

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



Dimensionamento dos condutores

Critério da queda de tensão

A queda de tensão percentual pode ser calculada por:

$$\Delta V (\%) = \frac{\Delta V \cdot I \cdot L}{V_n} \cdot 100$$

Onde:

- $\Delta V(\%)$ - queda de tensão percentual;
- ΔV - queda de tensão nominal, obtida em tabela;
- I - Corrente do circuito em ampères;
- L - Comprimento da linha elétrica em quilômetros;
- V_n - Tensão nominal do circuito em volts.

Seção do condutor (mm ²)	Queda de tensão (V/A.km)		
	Eletroduto não-magnético		Eletroduto magnético
	Circuito monofásico	Circuito trifásico	
1,5	23,3	20,2	23
2,5	14,3	12,4	14
4	8,96	7,79	9
6	6,03	5,25	5,87
10	3,63	3,17	3,54
16	2,32	2,03	2,27
25	1,51	1,33	1,5
35	1,12	0,98	1,12
50	0,85	0,76	0,86
70	0,62	0,55	0,64
95	0,48	0,43	0,5
120	0,4	0,36	0,42
150	0,35	0,31	0,37
185	0,3	0,27	0,32
240	0,26	0,23	0,29
300	0,23	0,21	0,27

Adaptado de: <https://sil.com.br>

Dimensionamento da proteção

Em relação a proteção, ressalta-se que (Fonte: Prysmian, 2006):

- Os disjuntores termomagnéticos somente devem ser ligados aos condutores fase dos circuitos;
- Os disjuntores diferenciais-residuais devem ser ligados aos condutores fase e neutro dos circuitos, sendo que o neutro não pode ser aterrado após o disjuntor;
- Interruptores diferenciais-residuais devem ser utilizados nos circuitos em conjunto com dispositivos a sobrecorrente (disjuntor ou fusível), colocados antes do interruptor DR.



Disjuntor bipolar

Fonte: <https://www.tramontina.com.br>



Disjuntor DR 2 polos

Fonte: <https://www.steck.com.br>



DPS unipolar

Fonte: <https://www.clamper.com.br>

Dimensionamento da proteção

Escolha do disjuntor termomagnético:

Para condutores de cobre embutidos em eletroduto em alvenaria (método de instalação B)

Seção do condutor (mm ²)	Corrente nominal máxima dos disjuntores (A)				
	2 condutores carregados (monofásico)	3 condutores carregados (trifásico)	4 condutores carregados (2 circuitos no eletroduto)	6 condutores carregados (3 circuitos no eletroduto)	6 condutores carregados (2 circuitos no eletroduto)
1,5	15	15	10	10	10
2,5	20	20	15	15	15
4	30	25	25	20	20
6	40	35	30	25	25
10	50	50	40	40	40
16	70	60	60	50	50
25	100	70	70	70	70
35	100	100	100	70	70
50	100	100	100	100	100

Fonte: Adaptado de (Mussoi, 2016, apud Bticino e Cotrim, 2009)

Dimensionamento da proteção

Coordenação e sequenciamento:

- O disjuntor a atuar deve estar próximo ao local da falha;
- Relação de 40% (em torno de 2,5 vezes) entre os valores para disjuntores instalados sequencialmente (Fonte: Mussoi, 2016, apud Cotrim, 2009).

Disjuntor menor (abaixo ou a jusante) (A)	Disjuntor maior (acima ou a montante) (A)										
	15	20	25	30	35	40	50	60	70	90	100
6	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
10			x	x	x	x	x	x	x	x	x
15						x	x	x	x	x	x
20							x	x	x	x	x
25									x	x	x
30										x	x
35										x	x
40											x

Fonte: Adaptado de (Mussoi, 2016, apud Cotrim, 2009)

Dimensionamento da proteção

A NBR 5410 exige a utilização de proteção diferencial residual (disjuntor ou interruptor) de alta sensibilidade (corrente menor que 30 mA) em circuitos terminais para os seguintes casos especificados:

- Os circuitos que sirvam a pontos de utilização situados em locais contendo banheira ou chuveiro;
- Os circuitos que alimentem tomadas de corrente situadas em áreas externas à edificação;
- Os circuitos de tomadas de corrente situadas em áreas internas que possam vir a alimentar equipamentos no exterior;
- Os circuitos que, em locais de habitação, sirvam a pontos de utilização situados em cozinhas, copas-cozinhas, lavanderias, áreas de serviço, garagens e demais dependências internas molhadas em uso normal ou sujeitas a lavagens;
- Os circuitos que, em edificações não-residenciais, sirvam a pontos de tomada situados em cozinhas, copas-cozinhas, lavanderias, áreas de serviço, garagens e, no geral, em áreas internas molhadas em uso normal ou sujeitas a lavagens.

Cozinhas, áreas de serviço, banheiros



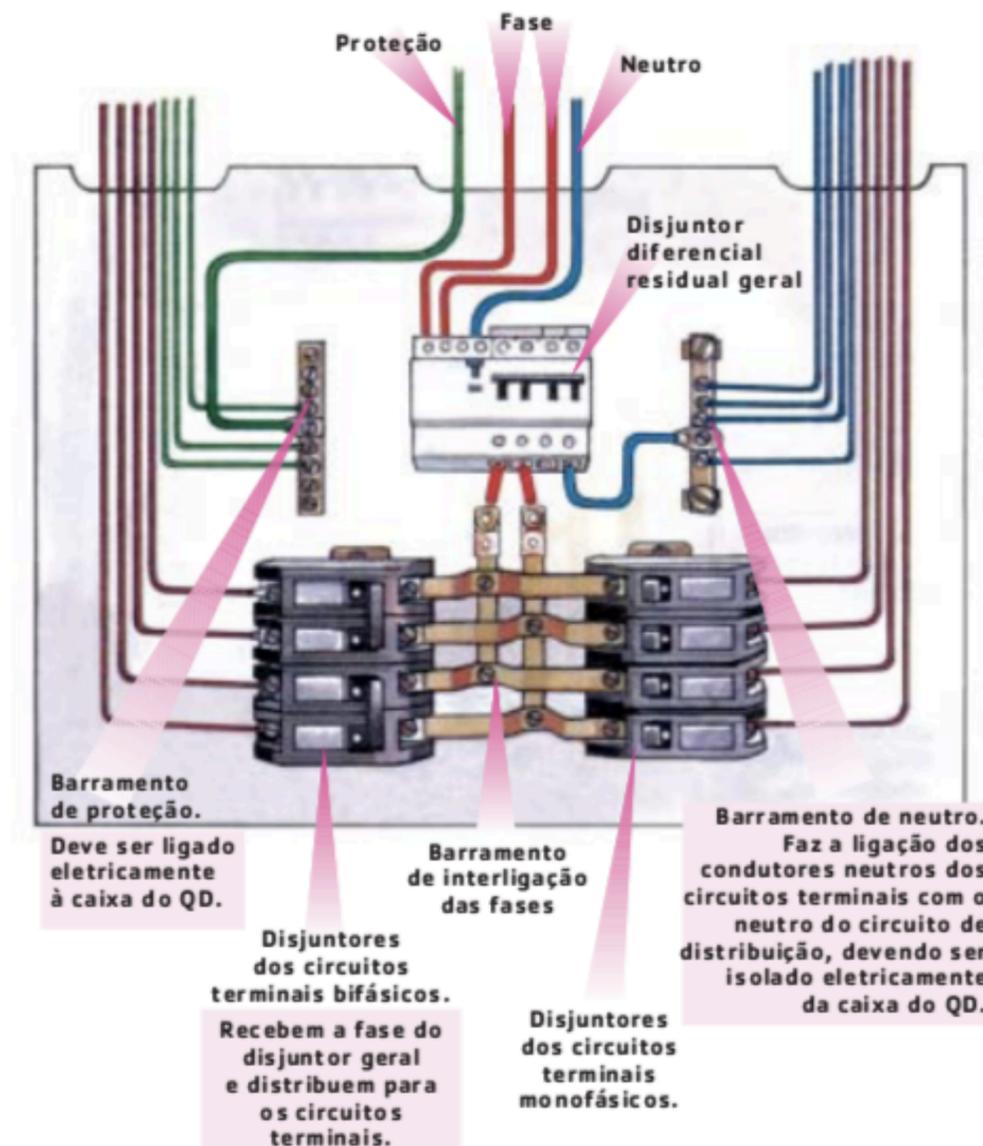
Disjuntor DR 4 polos

Fonte: <https://new.siemens.com/br>

Quadro de distribuição

O quadro de distribuição deve ser instalado em:

- Local desimpedido;
- De fácil acesso;
- Próximo da medição e dos elementos terminais.



Exemplo ilustrativo de quadro de distribuição
Fonte: Prysmian, 2006



Quadro de distribuição
Fonte: <https://www.se.com/br/pt>

Dimensionamento dos eletrodutos

Usualmente se utilizam eletrodutos de
3/4 de polegada = 20 mm

Seção nominal dos condutores (mm ²)	Diâmetro dos eletrodutos (mm)								
	Número de condutores carregados								
	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1,5	16	16	16	16	16	16	20	20	20
2,5	16	16	16	20	20	20	20	25	25
4	16	16	20	20	20	25	25	25	25
6	16	20	20	25	25	25	25	32	32
10	20	20	25	25	32	32	32	40	40
16	20	25	25	32	32	40	40	40	40
25	25	32	32	40	40	40	50	50	50
35	25	32	40	40	50	50	50	50	60
50	32	40	40	50	50	60	60	60	75
70	40	40	50	60	60	60	75	75	75
95	40	50	60	60	75	75	75	85	85
120	50	50	60	75	75	75	85	85	-
150	50	60	75	75	85	85	-	-	-
185	50	75	75	85	85	-	-	-	-
240	60	75	85	-	-	-	-	-	-

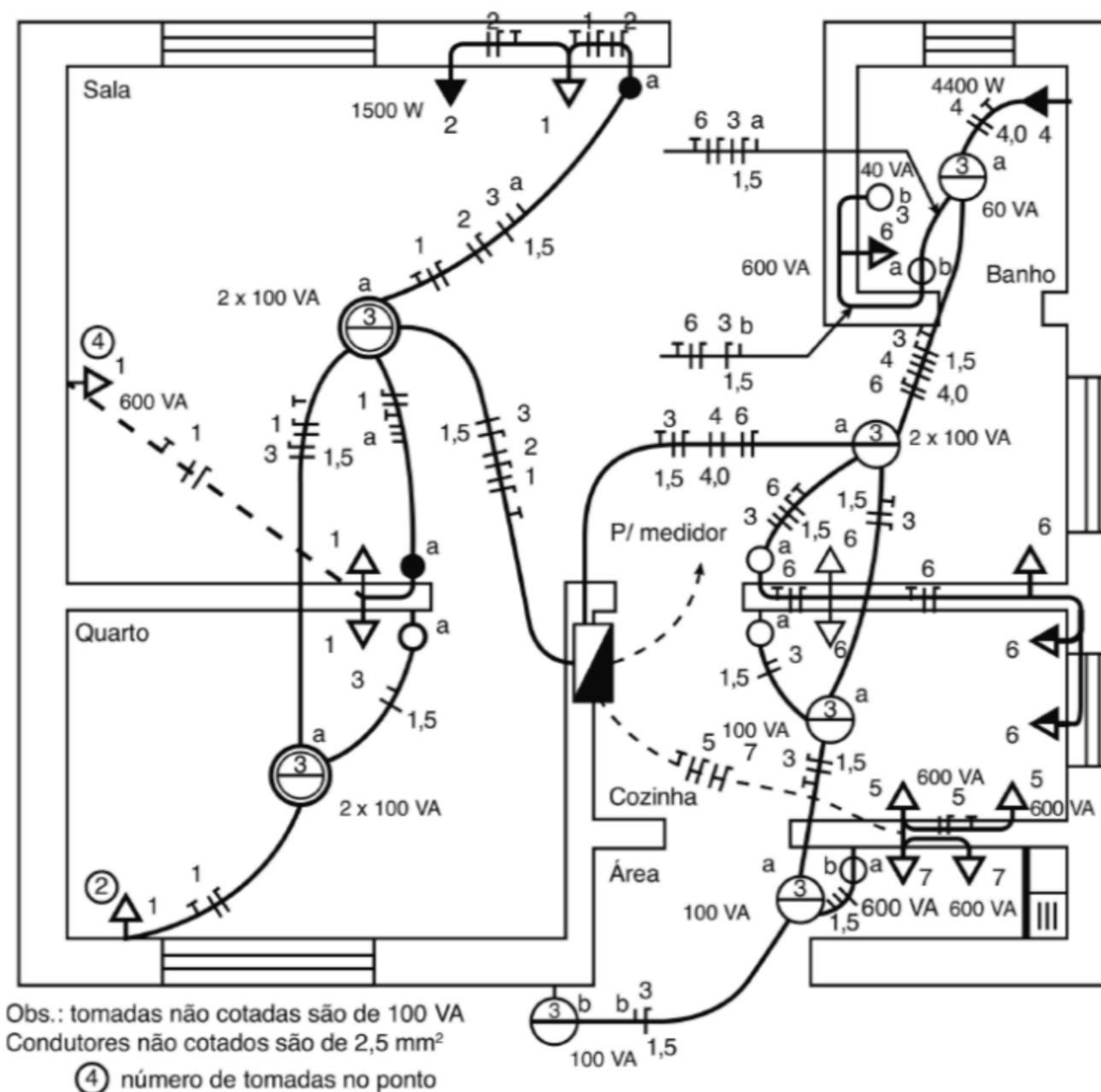


Eletroduto corrugado (flexível)
Fonte: <https://www.tigre.com.br>

Locação dos elementos sobre a planta baixa

Ao desenhar os elementos sobre a planta, considerar:

- Racionalidade;
- Economia;
- Segurança;
- Critérios técnicos;
- Critérios funcionais;
- Critérios estéticos.

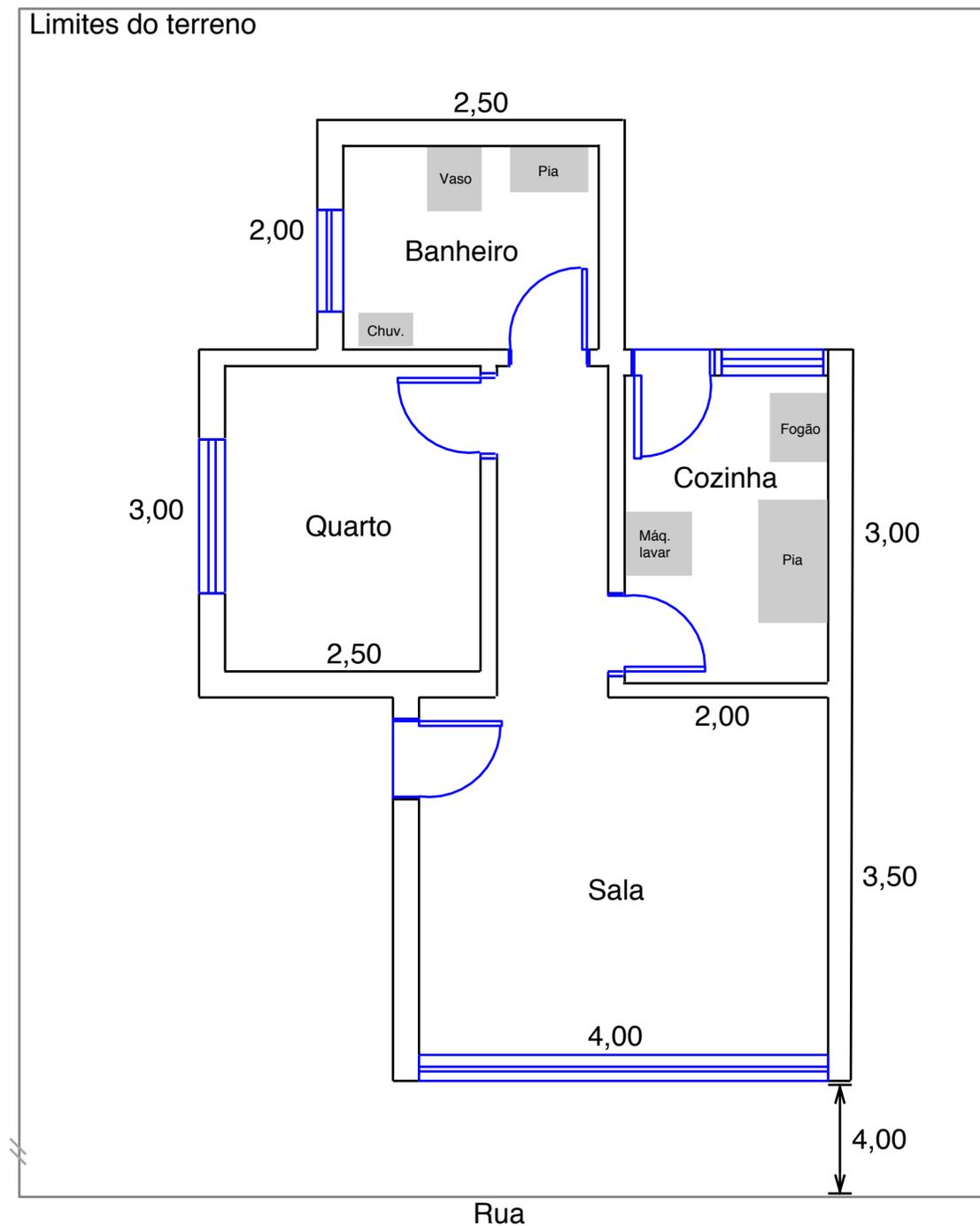


Fonte: (Creder, 2002)

Exemplo de projeto

Projeto didático:

- Aplicar a metodologia sugerida;
- Detalhar o projeto e as principais escolhas ao longo do mesmo;
- Servir de guia para o estudante criar sua própria metodologia.



Planta baixa fictícia

Exemplo de projeto

1. Determinar os pontos de iluminação:

Elementos de iluminação:

- Sala - Área de 14 m², atribuindo-se 100 VA para os primeiros 6 m² e 60 VA para cada 4 m² adicionais, resultando em 220 VA;
- Quarto - Área de 7,5 m², utilizando-se 100 VA pois não se tem 4 m² inteiros acima dos 6 m² iniciais;
- Cozinha - Área de 6 m², atribuindo-se 100 VA;
- Banheiro - Área de 5 m², atribuindo-se 100 VA;
- Corredor - Área de 3 m², atribuindo-se 100 VA;
- Área externa - Atribui-se 100 VA;
- Ampliação - Não possuirá iluminação.

Distribuição de cargas por ambiente da edificação

Ambiente	Dimensões		Iluminação		Tomada de uso geral (TUG)			Tomada de uso específico (TUE)		
	Área (m ²)	Perímetro (m)	Potência mínima (VA)	Potência escolhida (VA)	Quantidade mínima	Quantidade escolhida	Potência (VA)	Quantidade	Identificação	Potência (W)
Sala	14	15	220	220						
Quarto	7,5	11	100	100						
Cozinha	6	10	100	100						
Banheiro	5	9	100	100						
Corredor	3	8	100	100						
Exterior	-	-	-	100						
Ampliação	-	-	-	-						
Totais	35,5	-	620	720						

Exemplo de projeto

2. Calcular a potência ativa da iluminação

Fator de potência:
Iluminação > 1
TUG > 0,8

Cálculo da potência ativa da instalação

Elemento	Potência aparente (VA)	Fator de potência	Potência ativa (W)
Iluminação	720	1	720
Tomadas de uso geral (TUG)		0,8	
Tomadas de uso específico (TUE)		-	
Total			

Exemplo de projeto

2. Determinar os pontos de tomadas:

Número mínimo de pontos de tomadas:

- Sala - Um ponto de tomada a cada 5 m de perímetro, tendo-se então 3 pontos para o perímetro de 15 m;
- Quarto - Um ponto de tomada a cada 5 m de perímetro, tendo-se então 2 pontos para o perímetro de 11 m;
- Cozinha - Um ponto de tomada a cada 3,5 m de perímetro, tendo-se então 3 pontos para o perímetro de 10 m, onde no mínimo 2 pontos devem estar acima da bancada da pia;
- Corredor - Ao menos um ponto de tomada;
- Banheiro - Ao menos um ponto de tomada afastado de 60 cm do boxe.

Potência dos pontos de tomadas:

- Sala - Pontos com potência mínima de 100 VA. Serão utilizados 5 pontos de tomadas de uso geral e um ponto de tomada de uso específico para ar-condicionado;
- Quarto - Pontos com potência mínima de 100 VA. Serão utilizados 4 pontos de tomadas de uso geral e um ponto de tomada de uso específico para ar-condicionado;
- Cozinha - Potência de 600 VA para os 3 primeiros pontos e 100 VA para os pontos excedentes. Serão utilizados 4 pontos de tomadas de uso geral e 3 pontos de tomadas de uso específico;
- Banheiro - Potência de 600 VA para os 3 primeiros pontos e 100 VA para os pontos excedentes. Será utilizado um ponto de tomada de uso geral e um ponto de tomada de uso específico para o chuveiro;
- Corredor - Pontos com potência mínima de 100 VA. Será utilizado 1 ponto de tomada de uso geral.

Exemplo de projeto

2. Determinar os pontos de tomadas:

Distribuição de cargas por ambiente da edificação

Ambiente	Dimensões		Iluminação		Tomada de uso geral (TUG)			Tomada de uso específico (TUE)		
	Área (m ²)	Perímetro (m)	Potência mínima (VA)	Potência escolhida (VA)	Quantidade mínima	Quantidade escolhida	Potência (VA)	Quantidade	Identificação	Potência (W)
Sala	14	15	220	220	3	5	500	1	Ar-condicionado	1.400
Quarto	7,5	11	100	100	2	4	400	1	Ar-condicionado	1.400
Cozinha	6	10	100	100	3	4	1900	1	Secadora roupa	3.500
								1	Torneira elétrica	2.500
								1	Forno elétrico	3.000
Banheiro	5	9	100	100	1	1	600	1	Chuveiro	5.500
Corredor	3	8	100	100	1	1	100	-	-	-
Exterior	-	-	-	100	-	-	-	-	-	-
Ampliação	-	-	-	-	-	-	-	1	A definir	2.500
Totais	35,5	-	620	720	-	-	3500	7	-	19.800

Exemplo de projeto

4. Calcular a potência ativa do circuito de força (tomadas)

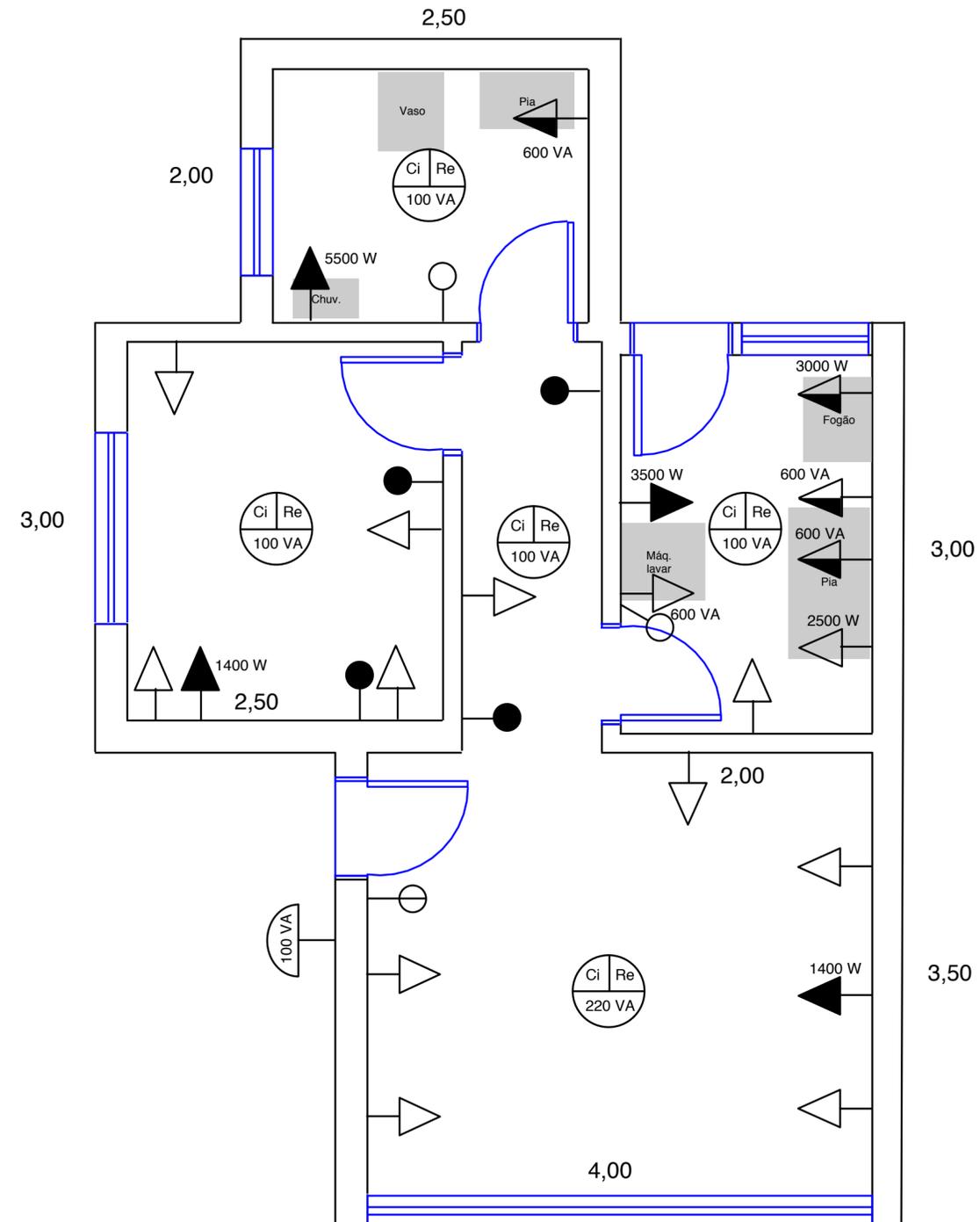
Fator de potência:
Iluminação > 1
TUG > 0,8

Cálculo da potência ativa da instalação

Elemento	Potência aparente (VA)	Fator de potência	Potência ativa (W)
Iluminação	720	1	720
Tomadas de uso geral (TUG)	3.500	0,8	2.800
Tomadas de uso específico (TUE)	-	-	19.800
Total			23.320

Exemplo de projeto

5. Locar os elementos de iluminação e tomadas



Exemplo de projeto

6. Calcular a potência total da instalação

Aplicando fator de demanda:

- Iluminação + tomadas = 720 + 2.800 > $P_i = 3.520 \text{ W}$
- Fator de demanda de 0,59 > $P_f = P_i \times FD = 2.076,8 \text{ W}$;
- TUE > $P_i = 19.800 \text{ W}$;
- Fator de demanda para 7 tomadas é 0,60 > $P_f = 11.880 \text{ W}$.

Potência total de 13.956,8 W

TUE

Iluminação e TUG

Potência ativa (W)	Fator de demanda
0 até 1000	0,86
1001 até 2000	0,75
2001 até 3000	0,66
3001 até 4000	0,59
4001 até 5000	0,52
5001 até 6000	0,45
6001 até 7000	0,40
7001 até 8000	0,35
8001 até 9000	0,31
9001 até 10000	0,27
Acima de 10000	0,24

Número de tomadas de uso específico (TUE)	Fator de demanda
1	1,00
2	1,00
3	0,84
4	0,76
5	0,70
6	0,65
7	0,60
8	0,57
9	0,54
10	0,52
11	0,49
12	0,48

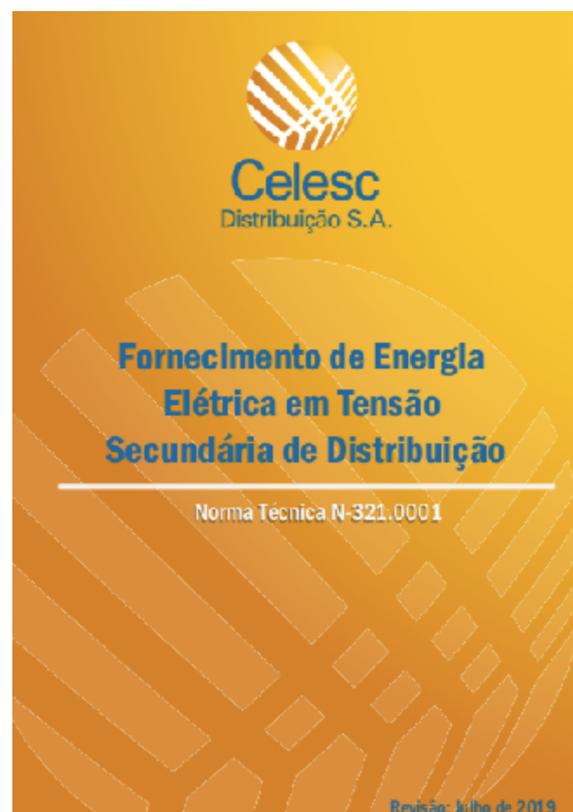
Número de tomadas de uso específico (TUE)	Fator de demanda
13	0,46
14	0,45
15	0,44
16	0,43
17	0,40
18	0,40
19	0,40
20	0,40
21	0,39
22	0,39
23	0,39
24	0,38
25	0,38

Fonte: Adaptado de (NBR 5410, 2004)

Fonte: Adaptado de (Prysmian, 2006)

Exemplo de projeto

7. Determinar o tipo de fornecimento de energia elétrica



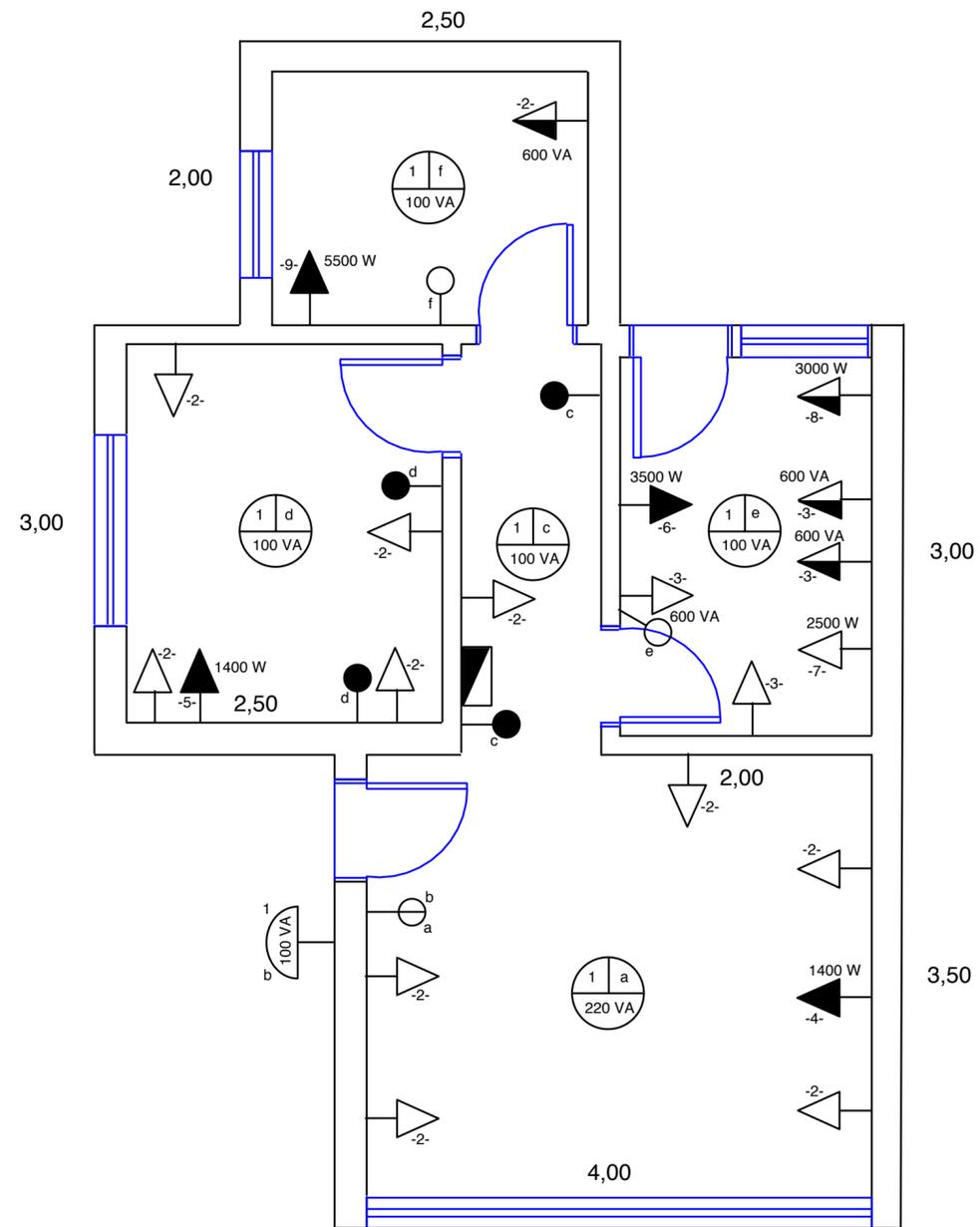
Fonte: Norma Técnica N-321.0001
CELESC, 2019

Dados da entrada de energia elétrica

Potência ativa total demandada (kW)	13,96
Tipo de fornecimento	Monofásico 220 V
Categoria do fornecimento	A4
Tensão de alimentação (V)	220 V
Número de fases	1
Número de fios	2
Disjuntor geral (A)	70
Ramal de ligação (mm ²), condutor de cobre	10
Ramais de entrada e saída (mm ²), condutor de cobre e isolamento de PVC	16
Condutor de proteção (mm ²), cobre	16
Eletroduto (polegada)	1

Exemplo de projeto

8. Locar os quadros de medição e distribuição



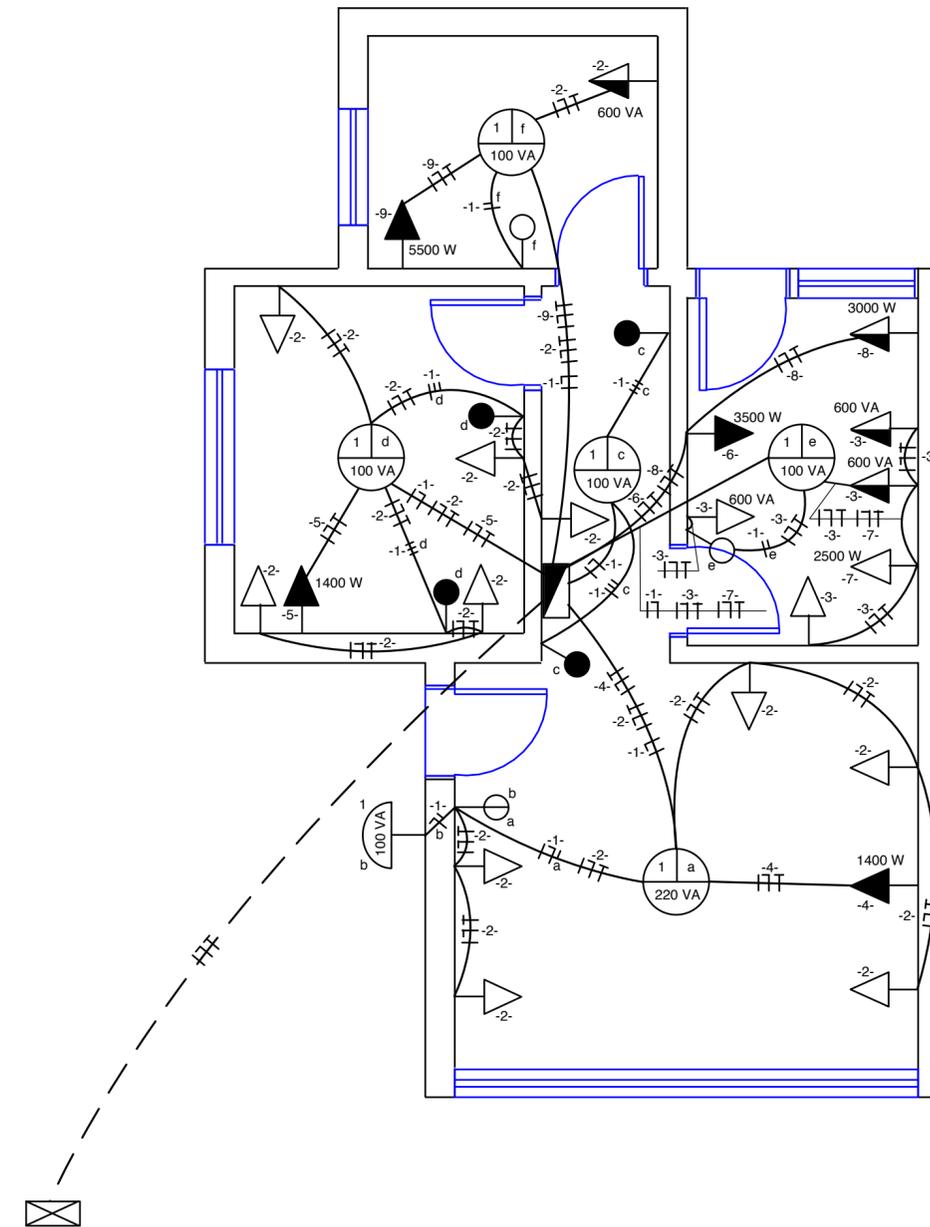
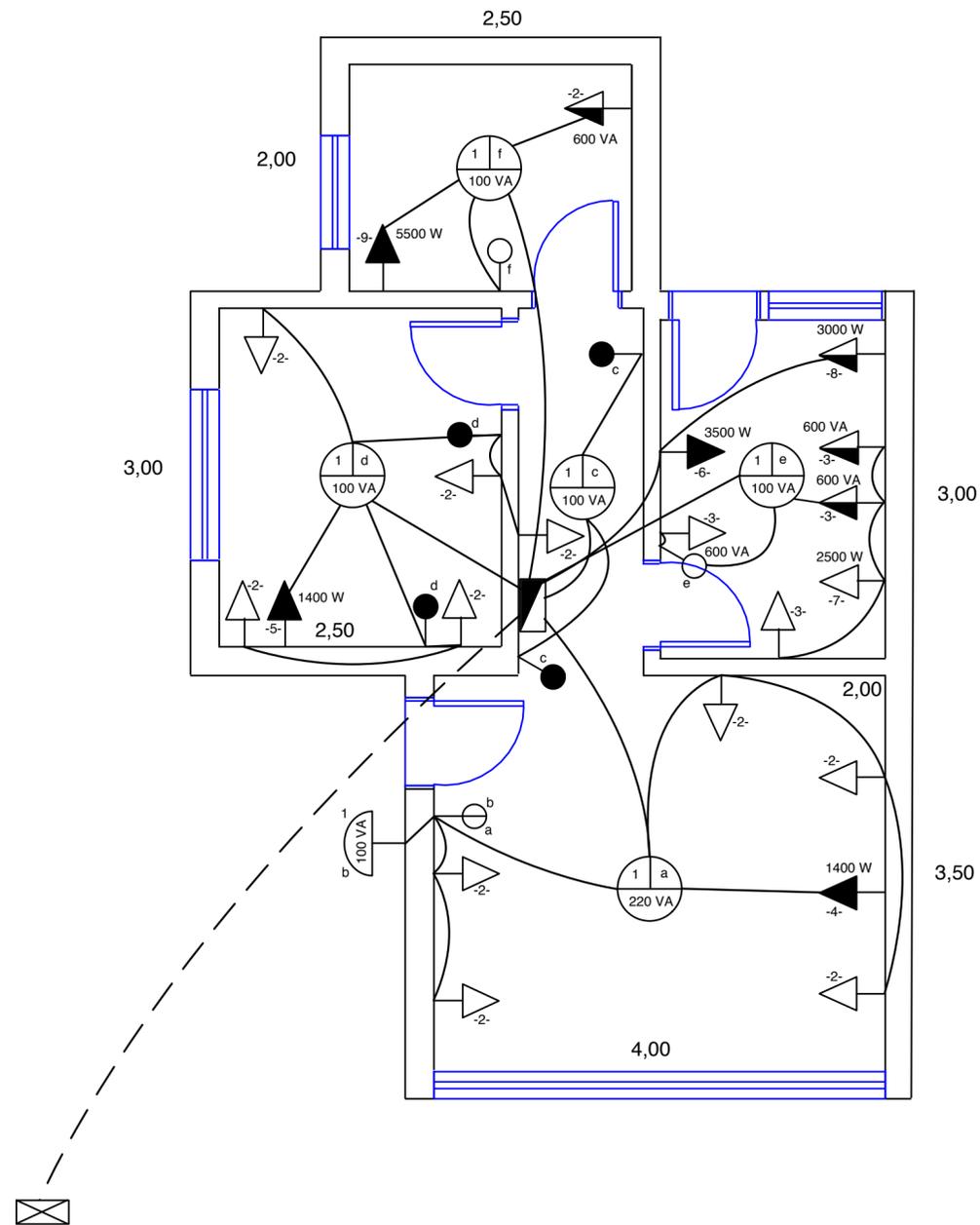
9. Divisão e agrupamento de circuitos

Quadro de cargas e agrupamento de circuitos

Circuitos terminais		Iluminação (VA)	Tomadas de uso geral (TUG) (VA)	Tomadas de uso específico (TUE) (W)	Fase	Condutor (mm ²)	Disjuntor termomagnético (A)	Disjuntor diferencial- residual (DR, I _{prot} <30 mA) (A)
Nº	Descrição							
1	Iluminação	720	-	-	1			
2	TUG geral	-	1.600	-	1			
3	TUG cozinha	-	1.900	-	1			
4	TUE sala	-	-	1.400	1			
5	TUE quarto	-	-	1.400	1			
6	TUE cozinha	-	-	3.500	1			
7	TUE cozinha	-	-	2.500	1			
8	TUE cozinha	-	-	3.000	1			
9	TUE banheiro	-	-	5.500	1			
10	TUE ampla	-	-	2.500	1			
			Geral					

Exemplo de projeto

10. Representação dos eletrodutos e fiação



Exemplo de projeto

$$S = V_{ef} \times I_{ef}$$
$$I_{ef} = S/V_{ef}$$

$$P = S \times FP$$
$$S = P/FP$$

11. Dimensionamento dos condutores

Correntes dos circuitos terminais:

- Circuito 1 - Potência aparente de 720 VA, corrente eficaz de 3,27 A;
- Circuito 2 - Potência aparente de 1.600 VA, corrente eficaz de 7,27 A;
- Circuito 3 - Potência aparente de 1.900 VA, corrente eficaz de 8,64 A;
- Circuito 4 - Potência ativa de 1.400 W. Fator de potência para condicionadores de ar é entre 0,6 e 0,8. Adotando-se o valor de 0,8, potência aparente de 2.000 VA, corrente eficaz será de 9,09 A;
- Circuito 5 - Potência ativa de 1.400 W. Potência aparente de 2.000 VA, corrente eficaz de 9,09 A;
- Circuito 6 - Potência ativa de 3.500 W. Secadora de roupas, potência aparente de 3.500 VA e corrente eficaz de 15,9 A;
- Circuito 7 - Potência ativa de 2.500 W. Torneira elétrica, potência aparente de 2.500 VA, corrente eficaz de 11,36 A;
- Circuito 8 - Potência ativa de 3.000 W. Forno elétrico, potência aparente de 3.000 VA, corrente eficaz de 13,64 A;
- Circuito 9 - Potência ativa de 5.500 W. Chuveiro elétrico, potência aparente de 5.500 VA, corrente eficaz de 25 A;
- Circuito 10 - Potência ativa de 2.500 W. Expansão futura, aquisição de algum equipamento novo, fator de potência de 0,7. Potência aparente de 3571,43 VA e a corrente eficaz de 16,23 A.

Exemplo de projeto

11. Dimensionamento dos condutores

Correntes dos circuitos terminais:

- Circuito 1 - 3,27 A;
- Circuito 2 - 7,27 A;
- Circuito 3 - 8,64 A;
- Circuito 4 - 9,09 A;
- Circuito 5 - 9,09 A;
- Circuito 6 - 15,9 A;
- Circuito 7 - 11,36 A;
- Circuito 8 - 13,64 A;
- Circuito 9 - 25 A;
- Circuito 10 - 16,23 A.

Método B1
2 condutores carregados

Capacidade de corrente dos condutores (A)

Seções nominais mm ²	Métodos de referência											
	A1		A2		B1		B2		C		D	
	Número de condutores carregados											
	2	3	2	3	2	3	2	3	2	3	2	3
0,5	7	7	7	7	9	8	9	8	10	9	12	10
0,75	9	9	9	9	11	10	11	10	13	11	15	12
1	11	10	11	10	14	12	13	12	15	14	18	15
1,5	14,5	13,5	14	13	17,5	15,5	16,5	15	19,5	17,5	22	18
2,5	19,5	18	18,5	17,5	24	21	23	20	27	24	29	24
4	26	24	25	23	32	28	30	27	36	32	38	31
6	34	31	32	29	41	36	38	34	46	41	47	39
10	46	42	43	39	57	50	52	46	63	57	63	52

Iluminação > seção mínima de 1,5 mm²
Força > seção mínima de 2,5 mm²

Fatores de correção a condutores agrupados

Número de circuitos ou de cabos multipolares											
1	2	3	4	5	6	7	8	9 a 11	12 a 15	16 a 19	≥20
1,00	0,80	0,70	0,65	0,60	0,57	0,54	0,52	0,50	0,45	0,41	0,38

11. Dimensionamento dos condutores

Correntes dos circuitos terminais:

- Circuito 1 - 3,27 A;
- Circuito 2 - 7,27 A;
- Circuito 3 - 8,64 A;
- Circuito 4 - 9,09 A;
- Circuito 5 - 9,09 A;
- Circuito 6 - 15,9 A;
- Circuito 7 - 11,36 A;
- Circuito 8 - 13,64 A;
- Circuito 9 - 25 A;
- Circuito 10 - 16,23 A.

Capacidades dos condutores após fator de correção:

- Condutor de 1,5 mm² - 17,5 A > 70% > 12,25 A;
- Condutor de 2,5 mm² - 24 A > 70% > 16,8 A;
- Condutor de 4 mm² - 32 A > 70% > 22,4 A;
- Condutor de 6 mm² - 41 A > 70% > 28,7 A.

Condutores escolhidos:

- Circuito 1 - condutor de 1,5 mm²;
- Circuito 2 - condutor de 2,5 mm²;
- Circuito 3 - condutor de 2,5 mm²;
- Circuito 4 - condutor de 2,5 mm²;
- Circuito 5 - condutor de 2,5 mm²;
- Circuito 6 - condutor de 2,5 mm²;
- Circuito 7 - condutor de 2,5 mm²;
- Circuito 8 - condutor de 2,5 mm²;
- Circuito 9 - condutor de 6 mm²;
- Circuito 10 - condutor de 4 mm².

Iluminação > seção mínima de 1,5 mm²

Força > seção mínima de 2,5 mm²

Exemplo de projeto

12. Dimensionamento das proteções

Circuitos terminais:

- Circuito 1 - 3,27 A (Fio 1,5 mm²);
- Circuito 2 - 7,27 A (Fio 2,5 mm²);
- Circuito 3 - 8,64 A (Fio 2,5 mm²);
- Circuito 4 - 9,09 A (Fio 2,5 mm²);
- Circuito 5 - 9,09 A (Fio 2,5 mm²);
- **Circuito 6 - 15,9 A (Fio 2,5 mm²);**
- Circuito 7 - 11,36 A (Fio 2,5 mm²);
- Circuito 8 - 13,64 A (Fio 2,5 mm²);
- **Circuito 9 - 25 A; (Fio 6 mm²);**
- Circuito 10 - 16,23 A (Fio 4 mm²).

Disjuntor da medição = 70 A

Para condutores de cobre embutidos em eletroduto em alvenaria (método de instalação B)

Seção do condutor (mm ²)	Corrente nominal máxima dos disjuntores (A)				
	2 condutores carregados (monofásico)	3 condutores carregados (trifásico)	4 condutores carregados (2 circuitos no eletroduto)	6 condutores carregados (3 circuitos no eletroduto)	6 condutores carregados (2 circuitos no eletroduto)
1,5	15	15	10	10	10
2,5	20	20	15	15	15
4	30	25	25	20	20
6	40	35	30	25	25
10	50	50	40	40	40
16	70	60	60	50	50
25	100	70	70	70	70
35	100	100	100	70	70
50	100	100	100	100	100

Destaques:

Circuito 6 - seria disjuntor de 15 A, mas se ajustou para 20 A;

Circuito 9 - Seria disjuntor de 25 A, mas ficaria no limite, alterou-se para 30 A.

12. Dimensionamento das proteções

Quadro de cargas e agrupamento de circuitos

Circuitos terminais		Iluminação (VA)	Tomadas de uso geral (TUG) (VA)	Tomadas de uso específico (TUE) (W)	Fase	Condutor (mm ²)	Disjuntor termomagnético (A)	Disjuntor diferencial- residual (DR, I _{prot} <30 mA) (A)
Nº	Descrição							
1	Iluminação	720	-	-	1	1,5	10	-
2	TUG geral	-	1.600	-	1	2,5	15	-
3	TUG cozinha	-	1.900	-	1	2,5	15	25
4	TUE sala	-	-	1.400	1	2,5	15	-
5	TUE quarto	-	-	1.400	1	2,5	15	-
6	TUE cozinha	-	-	3.500	1	2,5	20	25
7	TUE cozinha	-	-	2.500	1	2,5	15	25
8	TUE cozinha	-	-	3.000	1	2,5	15	25
9	TUE banheiro	-	-	5.500	1	6,0	30	40
10	TUE ampla	-	-	2.500	1	4,0	20	-
Geral						10	50	-

Exemplo de projeto

13. Dimensionamento dos eletrodutos

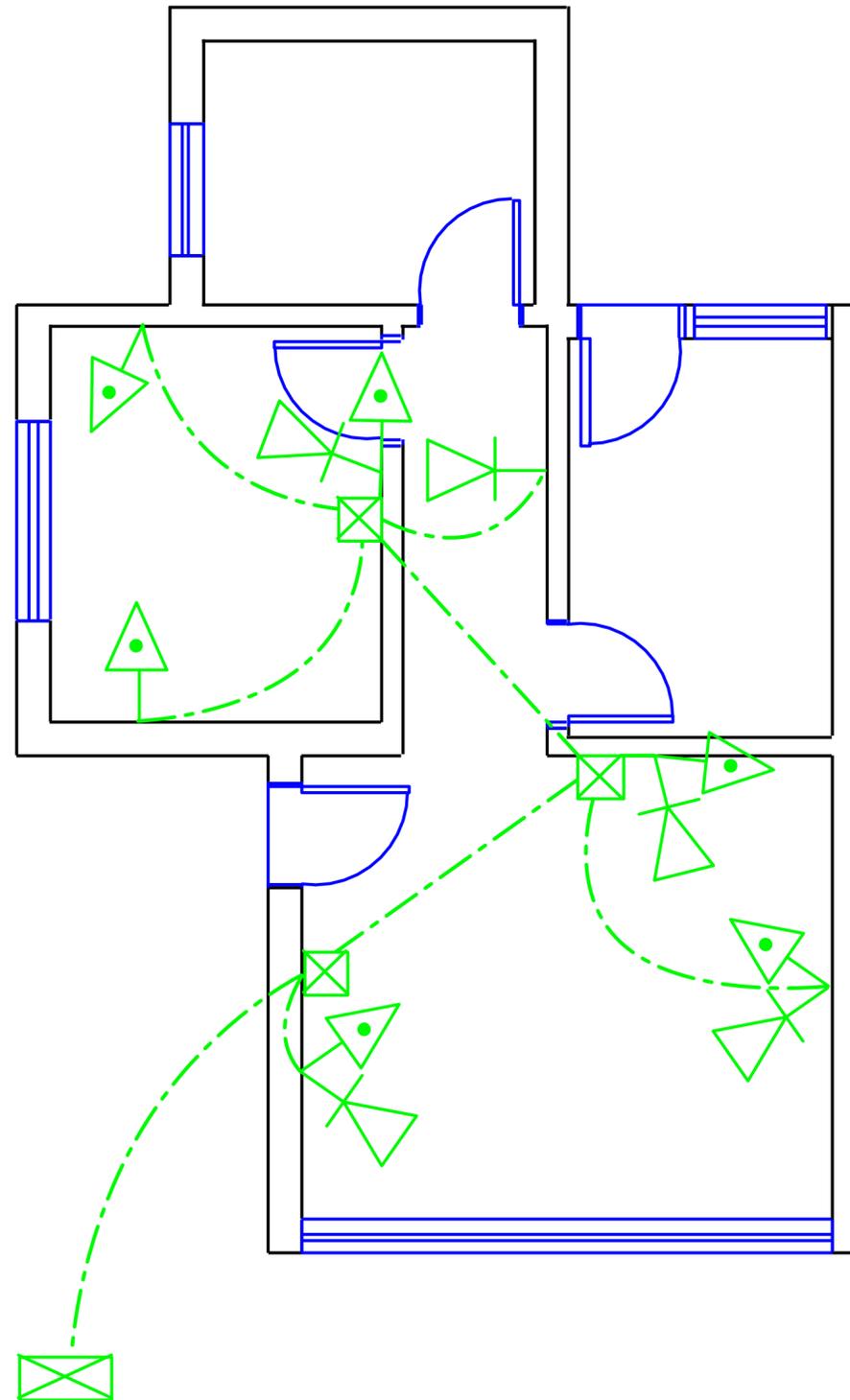
Usualmente se utilizam eletrodutos de 3/4 de polegada = 20 mm

Seção nominal dos condutores (mm ²)	Diâmetro dos eletrodutos (mm)								
	Número de condutores carregados								
	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1,5	16	16	16	16	16	16	20	20	20
2,5	16	16	16	20	20	20	20	25	25
4	16	16	20	20	20	25	25	25	25
6	16	20	20	25	25	25	25	32	32
10	20	20	25	25	32	32	32	40	40
16	20	25	25	32	32	40	40	40	40
25	25	32	32	40	40	40	50	50	50
35	25	32	40	40	50	50	50	50	60
50	32	40	40	50	50	60	60	60	75
70	40	40	50	60	60	60	75	75	75
95	40	50	60	60	75	75	75	85	85
120	50	50	60	75	75	75	85	85	-
150	50	60	75	75	85	85	-	-	-
185	50	75	75	85	85	-	-	-	-
240	60	75	85	-	-	-	-	-	-



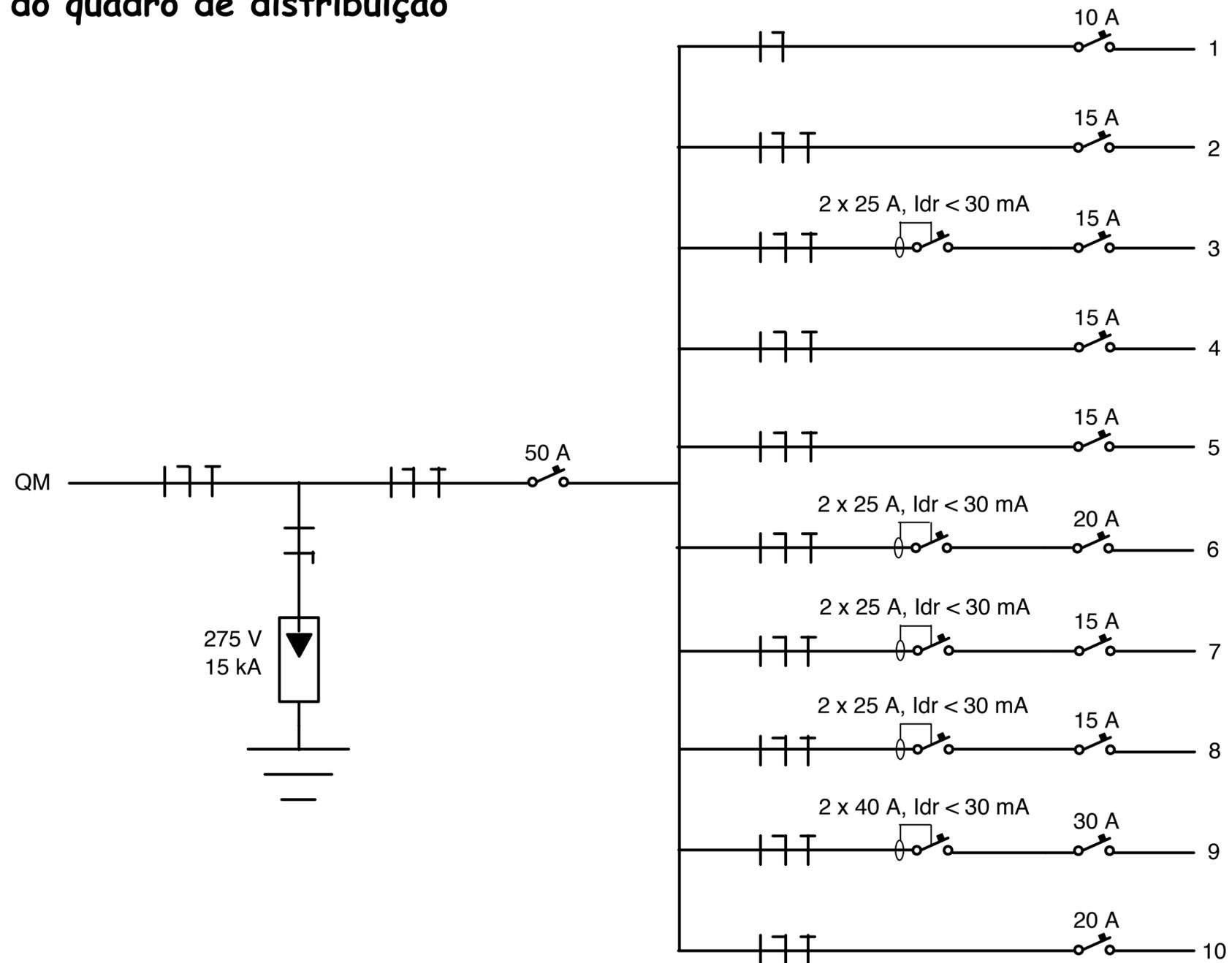
Eletroduto corrugado (flexível)
Fonte: <https://www.tigre.com.br>

14. Circuitos auxiliares



Exemplo de projeto

15. Diagrama unifilar do quadro de distribuição

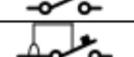


Nota 1: Nos disjuntores diferenciais-residuais são conectados os condutores fase e neutro.

Nota 2: Nos disjuntores termomagnéticos são conectados apenas os condutores fase.

Exemplo de projeto

16. Legenda

Legenda	
Símbolo	Significado
	Eletroduto flexível no teto ou parede
	Eletroduto flexível no piso
	Condutores fase, neutro, proteção e retorno
	Ponto de luz no teto
	Ponto de luz na parede
	Interruptor simples
	Interruptor duplo
	Interruptor paralelo
	Tomada baixa na parede (altura de 30 cm)
	Tomada média na parede (altura de 120 cm)
	Tomada alta na parede (altura de 180 cm)
	Quadro de medição
	Quadro de distribuição
	Disjuntor termomagnético
	Disjuntor diferencial residual
	Dispositivo supressor de surtos
	Caixa de entrada de sinal de dados e imagem
	Caixa de distribuição de sinal de dados e imagem (4 x 4)
	Ponto de telefone (altura de 30 cm)
	Ponto de sinal de imagem (altura de 30 cm)
	Tubulação de dados e imagem no piso

Revisão de eletromagnetismo

