



INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE SANTA CATARINA

DEPARTAMENTO ACADÊMICO DE ELETRÔNICA

CURSO SUPERIOR DE TECNOLOGIA EM ELETRÔNICA INDUSTRIAL

Acionamentos Eletrônicos



GUIA DE ESTUDO

- OBJETIVO DE APRENDIZAGEM - PROJETO DE INSTALAÇÕES ELÉTRICAS

Prof. Clóvis Antônio Petry.

Florianópolis, junho de 2021.

PROJETO DE INSTALAÇÕES ELÉTRICAS

Objetivo de Aprendizagem

Realizar projetos de instalações elétricas de baixa complexidade.

Objetivos parciais

- Conhecer simbologia dos elementos de instalações elétricas;
- Conhecer os principais elementos das instalações elétricas;
- Interpretar projetos de instalações elétricas
- Realizar o projeto de instalações elétricas de baixa complexidade.

Aulas relacionadas

Este objetivo de aprendizagem está relacionado com a aula 03 da disciplina.

Pré-requisitos

Ter estudado o objetivo de aprendizagem 02 relacionado aos elementos de instalações elétricas.

Continuidade dos Estudos

O próximo objetivo de aprendizagem será o estudo dos princípios de eletromagnetismo.

Roteiro para estudos

Os estudos referentes a este objetivo de aprendizagem consistem em:

1. Estudar este documento resumo, realizando as atividades propostas no mesmo;
2. Responder o quiz relacionado a este objetivo de aprendizagem;
3. Caso perceba necessidade, estudar a apresentação deste assunto ou consultar os livros texto indicados para esta disciplina;
4. Realizar os exercícios deste tópico da matéria;
5. Realizar a avaliação final para progredir ao próximo conteúdo.

Referências

- Material disponibilizado para a disciplina de Acionamentos Eletrônicos – 2021/1.
Departamento Acadêmico de Eletrônica, Instituto Federal de Santa Catarina, Campus Florianópolis.
- CREDER, H. Instalações Elétricas. São Paulo: Livros Técnicos e científicos Editora, 2002.

Check-list

Caro estudante, verifique se você completou as atividades deste objetivo de aprendizagem e obteve êxito para continuar seus estudos.

Assinale as atividades realizadas:

Estudo do documento resumo:

- () Leitura do documento resumo;
- () Exercícios do documento resumo;
- () Atividade avaliativa do documento resumo.
- () Obtive êxito e entendi o conteúdo deste documento;
- () Ainda não entendi bem o conteúdo e estudarei o mesmo com mais profundidade.

Estou com dúvidas, irei estudar com mais detalhes este conteúdo:

- () Assistir a apresentação relacionada ao conteúdo (apresentação 01);
- () Ler os capítulos deste conteúdo no livro (capítulos 01 e 02).

Ainda estou com dúvidas:

- () Entrarei em contato com o professor.

Obtive êxito, então seguirei em frente:

- () Responder ao quiz deste conteúdo no Moodle;
- () Informar ao professor que estou avançando com o conteúdo.

Parabéns, continue estudando com afinco e vamos em frente!!

CONTEÚDO

- OBJETIVO DE APRENDIZAGEM -
PROJETO DE INSTALAÇÕES ELÉTRICAS

1 Introdução

O conteúdo a ser estudado neste tópico da disciplina se refere ao projeto de instalações elétricas simples, isto é, de baixa complexidade.

A partir do estudo das aulas anteriores, sobre o sistema de energia elétrica e os elementos que compõem uma instalação elétrica, serão estudados os critérios, requisitos e recomendações para projetos elétricos em baixa tensão.

1.1 Conteúdo – O que irei estudar

Estudaremos neste tópico:

- Recomendações para projetos elétricos;
- Metodologia de projetos elétricos em baixa tensão;
- Exemplo de projeto de instalação elétrica simples.

1.2 Metodologia – O que devo fazer e como fazer

Leia com atenção o conteúdo a seguir. Ao final deste tópico são apresentados exercícios resolvidos. Após são apresentados alguns exercícios propostos.

Ao realizar estas atividades e se sentir confiante para progredir, siga os passos indicados na primeira página deste documento.

Espera-se que após estudar este assunto, você consiga:

- Interpretar projetos elétricos;
- Realizar projetos elétricos simples em baixa tensão.

A atividade avaliativa deste objetivo de aprendizagem consistirá em perguntar ao estudante para descrever os elementos de uma instalação elétrica.

Exemplo de atividade avaliativa:

1. Descreva os elementos de uma planta elétrica qualquer.
2. Cite requisitos técnicos para alocação de pontos de iluminação.
3. Cite requisitos técnicos para alocação de pontos de tomadas.
4. Realiza o projeto da instalação a partir de uma planta baixa específica.

2 Recomendações para Projetos Elétricos em Baixa Tensão

2.1 Introdução

Os projetos elétricos em baixa tensão são realizados seguindo-se recomendações, critérios e requisitos normativos e também da literatura, além de sugestões de fabricantes e profissionais da área.

Antes de se realizar o projeto propriamente dito, é interessante conhecer as principais recomendações sobre os diferentes elementos de um projeto e sua aplicação durante as fases de execução do mesmo.

A seguir serão apresentadas as principais recomendações, requisitos e critérios normativos ou da literatura, referentes aos elementos que compoem um projeto elétrico de baixa tensão.

2.2 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.).

A norma indica também que após concluída a instalação, a documentação relacionada anteriormente deve ser revisada e atualizada de forma a corresponder fielmente ao que foi executado (documentação "como construído", ou *as built*). Em outras palavras, a documentação deve ser atualizada para corresponder ao que foi construído, pois é comum se fazerem ajustes durante as obras e implementação dos projetos realizados.

Os principais elementos de uma planta para um projeto elétrico de uma instalação de baixa tensão são mostrados na Figura 1, onde se tem:

- Diagrama unifilar sobre a planta baixa – Representação dos elementos da

instalação e dos circuitos da mesma, sobre a planta baixa, por meio de diagrama unifilar específico;

- Quadro de cargas – Tabela com os circuitos que compõem a instalação, indicando sua potência, tensão de funcionamento, fases onde estão conectados e elementos de proteção;
- Diagrama unifilar do quadro de distribuição – Representação por meio de diagrama unifilar dos elementos de proteção integrantes do quadro de distribuição e suas conexões;
- Detalhes construtivos – Informações sobre dimensões de caixas, dados de condutores e elementos do sistema de aterramento, por exemplo;
- Anotações – Apontamentos importantes que devem ser levados em conta na execução do projeto;
- Legenda – Tabela com a simbologia utilizada no projeto;
- Identificação (rótulo) – Dados do projeto, como título, autor (projetista), data, endereço, etc.

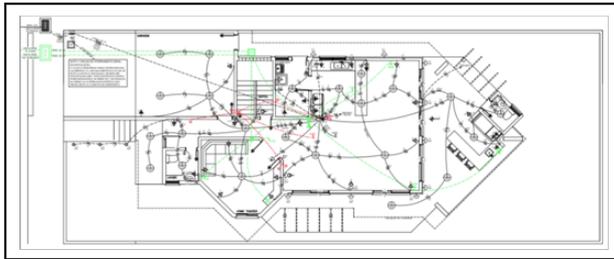
O memorial descritivo é um resumo das principais informações do projeto, detalhando aspectos técnicos sobre alguns elementos. Em geral é composto por:

- Características gerais – Identificação do projeto, com os dados do proprietário, do projetista, do endereço, da finalidade, dentre outras;
- Especificações técnicas – Detalhamento dos pontos relevantes e de destaque do projeto, podendo conter:
 - Generalidades – Recomendações iniciais sobre o projeto;
 - Entrada de energia elétrica – Dados técnicos sobre o fornecimento de energia elétrica;
 - Medição e proteção geral – Informações sobre o sistema de medição e disjuntor geral;
 - Aterramento – Informações técnicas sobre o sistema de aterramento, tanto na medição, como na instalação propriamente dita;
 - Carga instalada – Resumo da carga instalada e sua distribuição por fase, por exemplo;
 - Condutores – Especificações técnicas referentes aos condutores a serem utilizados na execução da instalação elétrica;
 - Eletrodutos – Especificações técnicas referentes aos eletrodutos a serem

utilizados na execução da instalação elétrica;

- Disjuntores e proteções – Especificações dos disjuntores e demais elementos de proteção da instalação e dos usuários;
- Quadro de distribuição – Detalhamento sobre os quadros de distribuição utilizados na instalação elétrica;
- Especificações da concessionária de energia elétrica – Detalhes específicos exigidos pela concessionária de energia elétrica;
- Recomendações gerais – Informações relevantes sobre a instalação como um todo e cuidados na execução da mesma;
- Informações adicionais – Recomendações e alertas quanto ao projeto e responsabilidade técnica relacionada com o mesmo.

Diagrama unifilar sobre a planta baixa



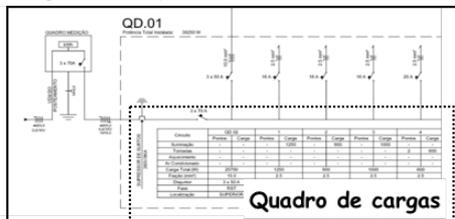
Anotações

Notas	
-	Eletroduto não costado: PVC anti-chama de Ø 1"
-	Condutor Fase, Neutro e Terra não costado: 2,5mm ² - 750V
-	Condutor Retorno não costado: 1,5mm ² - 750V
-	Condutor fase: cor preto, verde/amarelo ou branco
-	Condutor neutro: cor azul claro
-	Condutor retorno: cor anelado ou cinza
-	Condutor terra: cor verde ou verde/amarelo

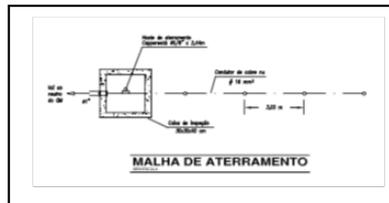
Legenda

LEGENDA	
Ø 1"	Eletroduto não costado
2,5mm ²	Condutor Fase, Neutro e Terra não costado
1,5mm ²	Condutor Retorno não costado
Preto, Verde/Amarelo, Branco	Condutor Fase
Azul Claro	Condutor Neutro
Anelado, Cinza	Condutor Retorno
Verde, Verde/Amarelo	Condutor Terra

Diagrama do quadro de distribuição



Detalhes construtivos



Identificação (rótulo)

IDENTIFICAÇÃO (RÓTULO)	
PLANTA BAIXA DO PAVIL. TERREO	PLANTA BAIXA DO PAVIL. SUPERIOR
LEGENDA, NOTAS E DETALHES	
PROJETO	REVISÃO
ELABORADO POR	REVISADO POR
DATA	DATA
PROJETO	REVISÃO
ELÉTRICO E TELECOM.	APROVAÇÃO

Figura 1 – Exemplo de planta de um projeto elétrico de baixa tensão.

Os demais elementos que constituem a documentação técnica de um projeto elétrico de baixa tensão e sua execução podem ser necessários conforme o grau de complexidade, finalidade e localização da instalação, além daqueles elementos específicos exigidos pelas autoridades competentes em cada município e estado, por exemplo.

Por fim, o levantamento das cargas é realizado prevendo-se as potências mínimas de iluminação e tomadas a serem instaladas, obtendo-se a partir daí a potência total prevista para a instalação elétrica residencial; o que será realizado ao longo do desenvolvimento do projeto elétrico, como será visto adiante.

2.3 Elementos de iluminação

A norma NBR 5410 estabelece os critérios a serem seguidos para estabelecer os pontos de iluminação em uma instalação de baixa tensão. Em ambientes e projetos específicos devem ser utilizados projetos luminotécnicos e as normativas aplicadas para os mesmos, como por exemplo, a NBR 5413 que aborda a iluminação de interiores.

A NBR 5410 estabelece que:

- Em cada cômodo ou dependência deve ser previsto pelo menos um ponto de luz fixo no teto, comandado por interruptor;
- Arandelas no banheiro devem estar distantes, no mínimo, 60 cm do limite do boxe;
- Na determinação das cargas de iluminação, como alternativa à aplicação da ABNT NBR 5413:
 - Para área igual ou inferior a 6 m^2 > atribuir um mínimo de 100 VA;
 - Para área superior a 6 m^2 > atribuir um mínimo de 100 VA para os primeiros 6 m^2 , acrescido de 60 VA para cada aumento de 4 m^2 inteiros.

A norma ressalta que os valores apurados correspondem à potência destinada a iluminação para efeito de dimensionamento dos circuitos, e não necessariamente à potência nominal das lâmpadas.

2.4 Elementos de conexão (tomadas)

A NBR 5410 define que número de pontos de tomada deve ser determinado em função da destinação do local e dos equipamentos elétricos que podem ser aí utilizados, observando-se no mínimo os seguintes critérios.

- a) Em banheiros, deve ser previsto pelo menos um ponto de tomada, próximo ao lavatório. Respeitar a distância mínima de 60 cm do limite do boxe;
- b) Em cozinhas, copas, copas-cozinhas, áreas de serviço, cozinha-área de serviço, lavanderias e locais análogos, deve ser previsto no mínimo um ponto de tomada para cada 3,5 m, ou fração, de perímetro, sendo que acima da bancada da pia devem ser previstas no mínimo duas tomadas de corrente, no mesmo ponto ou em pontos distintos;
- c) Em varandas, deve ser previsto pelo menos um ponto de tomada, podendo este ser colocado próximo a mesma se não comportar o ponto, tiver área inferior a 2 m^2 ou quando sua profundidade for inferior a 0,80 m;

- d) Em salas e dormitórios devem ser previstos pelo menos um ponto de tomada para cada 5 m, ou fração, de perímetro, devendo esses pontos ser espaçados tão uniformemente quanto possível;
- e) Em cada um dos demais cômodos e dependências de habitação devem ser previstos pelo menos:
- Um ponto de tomada, se a área do cômodo ou dependência for igual ou inferior a 2,25 m². Admite-se que esse ponto seja posicionado externamente ao cômodo ou dependência, a até 0,80 m no máximo de sua porta de acesso;
 - Um ponto de tomada, se a área do cômodo ou dependência for superior a 2,25 m² e igual ou inferior a 6 m²;
 - Um ponto de tomada para cada 5 m, ou fração, de perímetro, se a área do cômodo ou dependência for superior a 6 m², devendo esses pontos ser espaçados tão uniformemente quanto possível.

A potência dos pontos de tomada, segundo a NBR 5410 deverá ser:

- a) 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, considerando-se cada um desses ambientes separadamente. Quando o total de tomadas no conjunto desses ambientes for superior a seis pontos, admite-se que o critério de atribuição de potências seja de no mínimo 600 VA por ponto de tomada, até dois pontos, e 100 VA por ponto para os excedentes, sempre considerando cada um dos ambientes separadamente;
- b) Nos demais cômodos ou dependências, no mínimo 100 VA por ponto de tomada.

Em relação ao tipo de tomada, considerar:

- Tomadas de uso geral (TUG) – Respeitar os requisitos da norma e os interesses do usuário da edificação;
- Tomadas de uso específico (TUE) – Determinar a quantidade de pontos de tomada conforme a quantidade de equipamentos do usuário. Exemplos de equipamentos para uso de tomadas de uso específico são: chuveiro, torneira elétrica, secadora de roupas, forno elétrico, fogão elétrico, motobomba, etc. Atribuir a potência da tomada conforme a potência do equipamento.

Importante destacar que conforme a potência e tipo de equipamento, a conexão deste à rede de distribuição deve ser feita diretamente na fiação, sem o uso de tomada e plugue, como é o caso de torneiras elétricas e chuveiros, por exemplo.

2.5 Potência total da instalação

O cálculo da potência total da instalação elétrica é realizado somando-se todas as potências parciais dos elementos do circuito, levando em conta o fator de potência e o fator de demanda, conforme cada equipamento ou elemento em específico.

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

- 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.

A potência ativa (W) é calculada a partir da potência aparente (VA) e do fator de potência como sendo:

$$P = S \cdot FP$$

$$S = V \cdot I$$

Onde:

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

Em relação ao fator de demanda, que 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.

A Tabela 1 apresenta os fatores de demanda aplicáveis a pontos de iluminação e tomadas de uso geral, para potências ativas até 10 kW.

Por sua vez, para tomadas de uso específico (TUE), se utiliza a Tabela 1 para determinar o fator de demanda aplicável a estes elementos da instalação.

Tabela 1 – Fatores de demanda para pontos de iluminação e tomadas de uso geral.

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

Fonte: Adaptado de (NBR 5410, 2004).

Tabela 2 – Fatores de demanda para tomadas de uso específico.

Número de tomadas de uso específico (TUE)	Fator de demanda	Número de tomadas de uso específico (TUE)	Fator de demanda
1	1,00	13	0,46
2	1,00	14	0,45
3	0,84	15	0,44
4	0,76	16	0,43
5	0,70	17	0,40
6	0,65	18	0,40
7	0,60	19	0,40
8	0,57	20	0,40
9	0,54	21	0,39
10	0,52	22	0,39
11	0,49	23	0,39
12	0,48	24	0,38
		25	0,38

Fonte: Adaptado de (Prysmian, 2006).

2.6 Divisão em circuitos

Uma instalação elétrica é pode ser dividida em circuitos parciais, para ocorrer uma melhor distribuição da potência entre as fases, quando forem redes bifásicas ou trifásicas, além de diminuir a seção dos condutores e facilitar a manutenção da instalação.

Ao carregar em demasia os circuitos, isto é, alimentar diversos equipamentos com o mesmo circuito terminal, se terá maiores correntes nos condutores, mais aquecimento, além de implicar de se necessitar usar maiores seções para a fiação, o que acarreta aumento de custo e dificuldade durante a passagem dos condutores nos eletrodutos e as conexões nos dispositivos, como interruptores e tomadas.

O circuito de distribuição conecta o quadro de medição até o quadro de distribuição, sendo que a partir daí se tem os circuitos terminais, que conectam os pontos de iluminação, pontos

de tomadas e cargas em geral aos disjuntores e demais elementos de proteção no quadro de distribuição.

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.

Além da divisão em circuitos, também se realiza o agrupamento de circuitos, unindo-se elementos de diferentes locais, considerando o afastamento entre os mesmos e as funcionalidades da instalação. Assim, os elementos de iluminação de diferentes ambientes podem ser agrupados em um único circuito terminal; o que também poderá ser feito com tomadas de uso geral.

Por outro lado, a NBR 5410 recomenda que os circuitos de iluminação sejam independentes dos circuitos de tomadas, visando facilitar a intervenção durante falhas, pois ao ocorrer algum problema com um equipamento conectado em uma tomada, apenas aquele circuito seria desligado pelo disjuntor de proteção, restando funcional os circuitos de iluminação e demais circuitos terminais.

Em termos práticos, conforme (Mussoi, 2016), pode-se considerar:

- 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.

Em edificações menores, pode-se dividir os circuitos conforme o uso, por exemplo em: social, serviço, privativos, etc.

2.7 Dimensionamento dos condutores

Os condutores a serem utilizados nas instalações elétricas de baixa tensão podem ser de cobre ou alumínio. No entanto, os condutores de alumínio somente podem ser utilizados em instalações comerciais ou industriais, nas condições definidas na NBR 5410.

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.

Assim, o uso de cabos flexíveis, com classe 5, por exemplo, facilita o processo de passagem dos condutores nos eletrodutos e posteriores manutenções e alterações na instalação elétrica.

A seção mínima para os condutores, conforme a finalidade do circuito, de acordo com a NBR 5410 é indicada na Tabela 3, em resumo sendo:

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

Tabela 3 – Seção mínima dos condutores.

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.

Fonte: Adaptado de (NBR 5410, 2004).

Por sua vez, para o condutor de proteção, a NBR 5410 determina que a sua seção seja determinada a partir da seção dos condutores fase, conforme a Tabela 4.

Tabela 4 – Seção dos condutores de proteção em função da seção dos condutores fase.

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

Fonte: Adaptado de (NBR 5410, 2004).

A norma NBR 5410 estabelece diferentes métodos de instalação dos condutores e seu acondicionamento em dutos. Os tipos de linhas elétricas mais comuns em instalações de baixa tensão para uso residencial são mostrados na Tabela 5, sendo que a listagem completa pode ser obtida diretamente na norma NBR 5410.

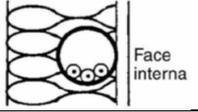
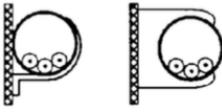
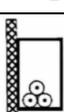
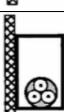
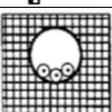
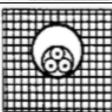
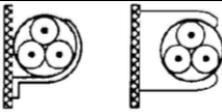
Os métodos de referência definidos pela NBR 5410 são os métodos de instalação, indicados na IEC 60364-5-52, para os quais a capacidade de condução de corrente foi determinada por ensaio (empiricamente) ou por cálculo, sendo eles:

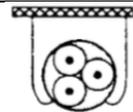
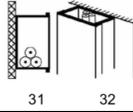
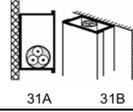
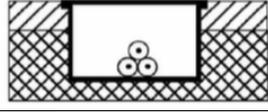
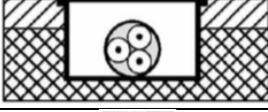
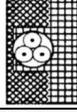
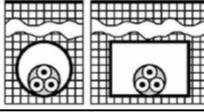
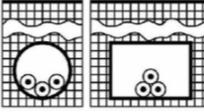
- A1 – Condutores isolados em eletroduto de seção circular embutido em parede termicamente isolante;
- A2 – Cabo multipolar em eletroduto de seção circular embutido em parede termicamente isolante;
- B1 – Condutores isolados em eletroduto de seção circular sobre parede de madeira;
- B2 – Cabo multipolar 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.

O método de instalação irá influenciar o dimensionamento dos condutores, visto que conforme forem instalados em dutos de diferentes características, se terá diferentes comportamentos térmicos, isto é, aquecimento e ventilação dos condutores.

As Tabela 6 e Tabela 7 apresentam as capacidades de condução de corrente dos condutores para diferentes métodos de instalação e em função do número de condutores carregados no interior do eletroduto. A corrente é dada em ampères nas tabelas Tabela 6 e Tabela 7, sendo que a título de exemplo, um condutor de 1,5 mm² com isolamento de PVC, teria capacidade de condução de 14,5 A se estiver acondicionado em eletroduto, considerando-se dois condutores carregados e um condutor de proteção, que seria uma ligação típica de tomada de uso geral (TUG).

Tabela 5 – Tipos de linhas elétricas.

Número do método de instalação	Esquema ilustrativo	Descrição	Método de referência
1		Condutores isolados ou cabos unipolares em eletroduto de seção circular embutido em parede termicamente isolante)	A1
2		Cabo multipolar em eletroduto de seção circular embutido em parede termicamente isolante)	A2
3		Condutores isolados ou cabos unipolares em eletroduto aparente de seção circular sobre parede ou espaçado desta menos de 0,3 vez o diâmetro do eletroduto	B1
4		Cabo multipolar em eletroduto aparente de seção circular sobre parede ou espaçado desta menos de 0,3 vez o diâmetro do eletroduto	B2
5		Condutores isolados ou cabos unipolares em eletroduto aparente de seção não-circular sobre parede	B1
6		Cabo multipolar em eletroduto aparente de seção não-circular sobre parede	B2
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
11		Cabos unipolares ou cabo multipolar sobre parede ou espaçado desta menos de 0,3 vez o diâmetro do cabo	C
11A		Cabos unipolares ou cabo multipolar fixado diretamente no teto	C

11B		Cabos unipolares ou cabo multipolar afastado do teto mais de 0,3 vez o diâmetro do cabo	C
31, 32		Condutores isolados ou cabos unipolares em eletrocalha sobre parede em percurso horizontal ou vertical	B1
31A, 32A		Cabo multipolar em eletrocalha sobre parede em percurso horizontal ou vertical	B2
33		Condutores isolados ou cabos unipolares em canaleta fechada embutida no piso	B1
34		Cabo multipolar em canaleta fechada embutida no piso	B2
52		Cabos unipolares ou cabo multipolar embutido(s) diretamente em alvenaria sem proteção mecânica adicional	C
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).

Tabela 6 – Capacidades de condução de corrente, em ampères, para os métodos de referência A1, A2, B1, B2, C e D, condutores de cobre, temperatura de 70 °C e isolação de PVC.

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

500	502	447	456	406	656	587	545	486	729	642	540	445
630	578	514	526	467	758	678	626	559	843	743	614	506
800	669	593	609	540	881	788	723	645	978	865	700	577
1.000	767	679	698	618	1.012	906	827	738	1.125	996	792	652

Fonte: Adaptado de (NBR 5410, 2004).

Tabela 7 – Capacidades de condução de corrente, em ampères, para os métodos de referência A1, A2, B1, B2, C e D, condutores de cobre, temperatura de 90 °C e isolamento de EPR ou XLPE.

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	10	9	10	9	12	10	11	10	12	11	14	12
0,75	12	11	12	11	15	13	15	13	16	14	18	15
1	15	13	14	13	18	16	17	15	19	17	21	17
1,5	19	17	18,5	16,5	23	20	22	19,5	24	22	26	22
2,5	26	23	25	22	31	28	30	26	33	30	34	29
4	35	31	33	30	42	37	40	35	45	40	44	37
6	45	40	42	38	54	48	51	44	58	52	56	46
10	61	54	57	51	75	66	69	60	80	71	73	61
16	81	73	76	68	100	88	91	80	107	96	95	79
25	106	95	99	89	133	117	119	105	138	119	121	101
35	131	117	121	109	164	144	146	128	171	147	146	122
50	158	141	145	130	198	175	175	154	209	179	173	144
70	200	179	183	164	253	222	221	194	269	229	213	178
95	241	216	220	197	306	269	265	233	328	278	252	211
120	278	249	253	227	354	312	305	268	382	322	287	240
150	318	285	290	259	407	358	349	307	441	371	324	271
185	362	324	329	295	464	408	395	348	506	424	363	304
240	424	380	386	346	546	481	462	407	599	500	419	351
300	486	435	442	396	628	553	529	465	693	576	474	396
400	579	519	527	472	751	661	628	552	835	692	555	464
500	664	595	604	541	864	760	718	631	966	797	627	525
630	765	685	696	623	998	879	825	725	1.122	923	711	596
800	885	792	805	721	1.158	1020	952	837	1.311	1.074	811	679
1.000	1014	908	923	826	1332	1.173	1.088	957	1.515	1.237	916	767

Fonte: Adaptado de (NBR 5410, 2004).

O número de condutores carregados a ser considerado para se consultar as Tabela 6 e Tabela 7 é determinado a partir da Tabela 8, lembrando que são considerados condutores carregados ou vivos, aqueles que efetivamente conduzem corrente elétrica para o funcionamento dos equipamentos, ou seja, os condutores fase e neutro, sendo que o condutor de proteção (terra) não é considerado condutor vivo e conseqüentemente não deve ser levado em conta no carregamento dos circuitos.

A NBR 5410 esclarece, em complemento ao recomendado anteriormente, que “em particular, no caso de circuito trifásico com neutro, quando a circulação de corrente no neutro não for acompanhada de redução correspondente na carga dos condutores de fase, o neutro deve ser computado como condutor carregado. É o que acontece quando a corrente nos condutores de fase contém componentes harmônicas de ordem três e múltiplos numa taxa superior a 15%. Nessas

condições, o circuito trifásico com neutro deve ser considerado como constituído de quatro condutores carregados e a determinação da capacidade de condução de corrente dos condutores deve ser afetada do “fator de correção devido ao carregamento do neutro”. Tal fator, que em caráter geral é de 0,86, independentemente do método de instalação, é aplicável então às capacidades de condução de corrente válidas para três condutores carregados”.

Tabela 8 – Número de condutores carregados a ser considerado, em função do tipo de circuito.

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).

A capacidade de condução de corrente dos condutores é alterada conforme a temperatura ambiente onde os mesmos forem instalados. As temperaturas características dos condutores com diferentes isolações são mostradas na Tabela 9, sendo que na Tabela 10 se mostram os fatores de correção aplicáveis quando da instalação dos condutores em locais com temperaturas ambientes diferentes de 30 °C. Em situações típicas para instalações de baixa tensão e uso residencial, na região Sul do Brasil, pode-se considerar as temperaturas ambiente como sendo de 30 °C, lembrando que temperaturas mais baixas são benéficas para o funcionamento da instalação elétrica.

Tabela 9 – Temperaturas características dos condutores.

Tipo de isolamento	Temperatura máxima para serviço contínuo (condutor) °C	Temperatura limite de sobrecarga (condutor) °C	Temperatura limite de curto-circuito (condutor) °C
Policloreto de vinila (PVC) até 300 mm ²	70	100	160
Policloreto de vinila (PVC) maior que 300 mm ²	70	100	140
Borracha etileno-propileno (EPR)	90	130	250
Polietileno reticulado (XLPE)	90	130	250

Fonte: Adaptado de (NBR 5410, 2004).

Tabela 10 – 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 ambiente (°C)	Isolação		Temperatura ambiente (°C)	Isolação	
	PVC	EPR ou XLPE		PVC	EPR ou XLPE
10	1,22	1,15	10	1,10	1,07
15	1,17	1,12	15	1,05	1,04
20	1,12	1,08	20	1,00	1,00
25	1,06	1,04	25	0,95	0,96
30	1,00	1,00	30	0,89	0,93
35	0,94	0,96	35	0,84	0,89
40	0,87	0,91	40	0,77	0,85
45	0,79	0,87	45	0,71	0,80
50	0,71	0,82	50	0,63	0,76
55	0,61	0,76	55	0,55	0,71
60	0,50	0,71	60	0,45	0,65
65	-	0,65	65	-	0,60
70	-	0,58	70	-	0,53
75	-	0,50	75	-	0,46
80	-	0,41	80	-	0,38

Fonte: Adaptado de (NBR 5410, 2004).

Além da correção na capacidade de condução dos condutores em função da temperatura de operação, também é necessário aplicar fatores de correção em virtude do número de condutores que estiverem acondicionados em um mesmo eletroduto, conforme mostrado na Tabela 11.

Tabela 11 – Fatores de correção aplicáveis a condutores agrupados em feixe (em linhas abertas ou fechadas) e a condutores agrupados num mesmo plano, em camada única.

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

Fonte: Adaptado de (NBR 5410, 2004).

Além de se considerar a capacidade de corrente correta para cada condutor da instalação elétrica, devido a sua resistência elétrica, irá ocorrer uma queda de tensão ao longo da linha, que será maior quanto mais longos forem os cabos de conexão desde o quadro de distribuição até os equipamentos finais.

Assim, a NBR 5410 determina que a tensão no ponto de conexão do equipamento, em relação à tensão nominal para determinado tipo de fornecimento de energia elétrica, não poderá ser menor pelos percentuais dados a seguir:

- 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;
- c) 5%, calculados a partir do ponto de entrega, nos demais casos de ponto de entrega com fornecimento em tensão secundária de distribuição;
 - d) 7%, calculados a partir dos terminais de saída do gerador, no caso de grupo gerador próprio.

Em nenhuma situação a queda de tensão nos circuitos terminais pode ser superior a 4%. A exceção é permitida para equipamentos com corrente de partida elevada, tais como motores elétricos, durante o período de partida dos mesmos e de acordo com as normas daquele elemento em particular.

A Figura 2 mostra em forma de diagrama, as quedas de tensão permitidas para instalações elétricas em baixa tensão, com fornecimento pela rede de distribuição secundária da concessionária de energia elétrica.

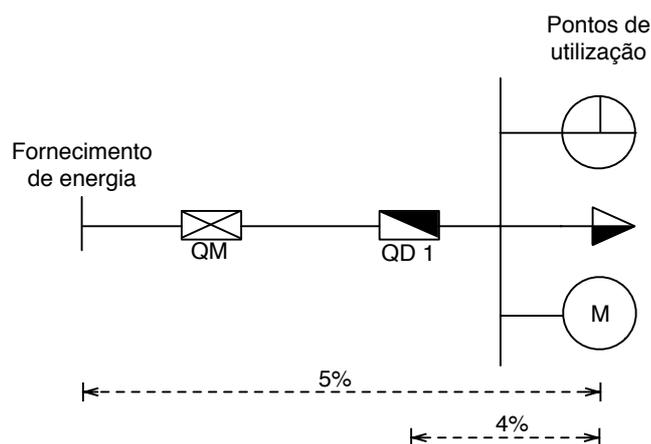


Figura 2 – Queda de tensão admitida em instalações de baixa tensão.

Em geral, é imprescindível se levar em conta o critério de escolha dos condutores pela queda de tensão máxima permitida ao se alimentar cargas de alta potência, tais como chuveiros, motobombas, aquecedores, equipamentos de ar-condicionado, etc; e quando instalados em distâncias longas da entrada de energia elétrica. Além disso, caso o quadro de distribuição da edificação fique consideravelmente afastado da entrada de fornecimento de energia elétrica, também se deverá levar em conta o critério da queda de tensão.

A rigor, em termos conservativos, deveria se dimensionar os condutores pela capacidade de condução de corrente elétrica e pelo critério da queda de tensão, e escolher os mesmos conforme a maior seção obtida.

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 na Tabela 12;
- I – Corrente do circuito em ampères;
- L – Comprimento da linha elétrica em quilômetros;
- V_n - Tensão nominal do circuito em volts.

Tabela 12 – Queda de tensão nos condutores em V/A.km.

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

Fonte: <https://sil.com.br>. Acessado em 03/06/2021.

2.8 Dimensionamento da proteção

A proteção da instalação elétrica, dos equipamentos e dos usuários, conforme visto na aula anterior, é realizada por meio de disjuntores termomagnéticos, disjuntores diferenciais-residuais (DR) e dispositivos de proteção contra surtos (DPS).

É importante ressaltar, conforme recomendações técnicas da literatura da área (Fonte: Prysmian, 2006¹):

¹ Prysmian. *Instalações Elétricas Residenciais*. Prysmian Cables & Systems. Disponível: <http://prysmiangroup.com>. Acesso versão atualizada em 03/06/2021.

- 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.

A corrente nominal dos disjuntores termomagnéticos é definida em função da corrente dos condutores utilizados na instalação. As Tabela 13 e Tabela 14 apresentam os valores máximos para a corrente nominal de disjuntores utilizados para proteção de circuitos de condutores de cobre, para os métodos de instalação B e C, nas condições normais e mais usuais de operação, isto é, temperatura ambiente de 30 °C e isolamento de PVC.

Ao se utilizar elementos de proteção nos circuitos elétricos, deve-se considerar a coordenação entre os dispositivos, que significa, de maneira simplificada, que os elementos mais próximos dos consumidores devem ter corrente menor do que aqueles elementos mais próximos das fontes de alimentação. Assim, pode-se considerar que deve haver uma hierarquia entre os elementos de proteção, onde os elementos a jusante (acima ou mais próximos da alimentação) devem ser dimensionados com uma corrente não superior a 40% da corrente dos elementos a montante (abaixo ou mais próximos dos consumidores), conforme (Mussoi, 2016²).

Tabela 13 – Corrente nominal máxima para disjuntores, com 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).

² Mussoi, Fernando L. R. *Instalações Elétricas. Apostila. Departamento Acadêmico de Eletrônica, Câmpus Florianópolis, Instituto Federal de Santa Catarina – IFSC, 2016.*

Tabela 14 – Corrente nominal máxima para disjuntores, com condutores de cobre embutidos em eletroduto sobre parede ou teto (método de instalação C).

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	15	10	10
2,5	25	20	20	15	15
4	35	30	25	25	25
6	40	40	35	30	30
10	60	50	50	40	40
16	70	70	60	60	60
25	100	90	90	70	70
35	100	100	100	90	90
50	100	100	100	100	100

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

A Tabela 15 mostra as correntes de disjuntores termomagnéticos levando em conta a relação de 40% (em torno de 2,5 vezes) entre os valores das correntes dos disjuntores menores (abaixo ou a jusante) em relação aquela dos disjuntores maiores (acima ou a montante) (Fonte: Mussoi, 2016, apud Cotrim, 2009). Nota-se na tabela que um disjuntor de 6 A para proteger um circuito terminal pode ser utilizado com qualquer disjuntor geral (que estiver acima ou antes do mesmo), enquanto um disjuntor de 40 A somente poderá ser utilizado com disjuntores gerais de 100 A.

A coordenação e seletividade entre dispositivos de proteção é realizada para que atue sempre, em primeiro momento, o elemento que estiver mais próximo do dispositivo ou local onde ocorre a falha, evitando que se desligue toda a instalação. Assim, se a coordenação for feita corretamente, o circuito sob falha será isolado dos demais, evitando o desligamento dos demais circuitos e equipamentos da instalação.

Tabela 15 – Valores de correntes nominais de disjuntores termomagnéticos usados sequencialmente em circuitos elétricos.

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).

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.

Em caso de utilização de interruptor diferencial-residual, este poderá ser dimensionado e instalado junto a proteção geral, neste caso servindo para a instalação elétrica como um todo. No entanto, ao ocorrer falha de isolamento ou choque elétrico, o dispositivo de proteção desligará a instalação toda, não sendo possível isolar o circuito sob falha, para manter os demais em funcionamento normal.

2.9 Quadro de distribuição

O(s) quadro(s) de distribuição deve(m) ser instalado(s) em local de fácil acesso, desimpedido e o mais próximo possível do medidor, visando diminuir a distância da fiação e as quedas de tensão no caminho; além do custo necessário para os condutores que conectam o circuito de medição no quadro de medição até o mesmo.

O tamanho do quadro de distribuição, isto é, levando em conta a quantidade de elementos que podem ser montados no mesmo, deve considerar a possibilidade de ampliação futura. Assim, deve-se prever a possibilidade de instalar 2 ou mais circuitos em ampliações quando da aquisição de novos equipamentos, alterações na edificação, dentre outras possibilidades de mudanças que ocorrem frequentemente ao longo do uso e do passar do tempo. Estes circuitos para fins de ampliação podem ser considerados de uso específico com potência intermediária ou alta, em consideração aos demais elementos da instalação elétrica.

É importante considerar que as potências previstas para os circuitos de ampliação,

também chamados de circuitos de reserva ou espera, deverão ser computadas na obtenção da potência total da instalação e conseqüentemente irão contribuir na definição da demanda especificada para a concessionária de energia elétrica e no tipo de fornecimento de energia elétrica. Assim, é necessário ter bom senso e ponderar sobre a área física do terreno do usuário, isto é, terrenos maiores ou sítios e chácaras, implicam em maiores possibilidades de ampliação da área construída no futuro.

2.10 Dimensionamento dos eletrodutos

O dimensionamento dos eletrodutos consiste em determinar sua seção ou diâmetro para cada trecho ou circuito da instalação elétrica. O tamanho nominal do eletroduto é seu diâmetro externo expresso em milímetros, conforme especificado em norma.

Em termos práticos, é recomendável que os condutores não ocupem mais do que 40% da área útil dos eletrodutos.

A Tabela 16 apresenta o diâmetro dos eletrodutos em função da seção nominal dos condutores e a quantidade de condutores carregados em seu interior. Ao se utilizar condutores de diferentes seções, deve-se considerar aquele de maior seção para a escolha do eletroduto.

Tabela 16 – Escolha do eletroduto em função da seção dos condutores e número de condutores carregados.

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	-	-	-	-	-	-

Fonte: Adaptado de (Prysmian, 2006).

2.11 Locação dos elementos sobre a planta baixa

A locação dos diversos elementos da instalação sobre a planta baixa é realizada utilizando a simbologia específica em termos de diagramas unifilares.

A distribuição dos elementos de iluminação (lâmpadas e interruptores) e tomadas deve ser feita de maneira racional e conforme a funcionalidade desejada, sendo importante consultar os usuários finais sobre as melhores localizações destes elementos, levando em conta as implicações e viabilidade técnica para cada caso em particular.

Os critérios estéticos são importantes, mas não devem prevalecer perante critérios técnicos, devendo-se fazer as escolhas adequadas conforme regulamentado pelas normas ou projeto realizado.

O quadro de distribuição deve ser localizado em local de fácil acesso e o mais próximo possível do quadro de medição, levando-se em conta também a distância para os circuitos terminais. Assim, é comum se localizar o quadro de distribuição no corredor principal da edificação, não sendo correto e seguro instalar o mesmo atrás de portas, por exemplo.

Ao locar os eletrodutos, partir do quadro de distribuição em direção aos elementos da instalação, traçando seu caminho buscando diminuir a distância entre os pontos de ligação. Em geral, parte-se do quadro de distribuição em direção ao ponto de luz no teto do cômodo, saindo daí em direção aos interruptores e tomadas.

Em termos práticos, não se recomenda instalar mais do que 6 ou 7 condutores por eletroduto, pois do contrário se teria dificuldades para realizar a instalação da fiação e se teria que aplicar fatores de correção devido ao agrupamento de circuitos no mesmo duto.

3 Metodologia de Projeto

A partir das recomendações técnicas, normativas e práticas apresentadas no capítulo anterior, pode-se realizar o projeto elétrico de uma instalação em baixa tensão e uso residencial, por exemplo.

A seguir serão apresentadas as etapas a serem adotadas para realizar o projeto elétrico, sendo que as mesmas podem ser adaptadas pelo projetista conforme melhor lhe convier.

3.1 Determinar os pontos de iluminação

A partir dos critérios técnicos e recomendados pela NBR 5410, determina-se a quantidade e potências das lâmpadas para cada ambiente da instalação elétrica.

A Tabela 17 pode ser utilizada para registrar a potência escolhida, após registrar na mesma o nome do ambiente (cômodo), sua área e perímetro, que auxiliarão na determinação dos elementos de iluminação e pontos de tomadas do projeto.

O fator de potência para as tomadas de uso específico deve ser obtido diretamente para o equipamento que será alimentado pelas mesmas.

Os valores obtidos podem ser registrados na Tabela 18.

3.5 Locar os elementos de iluminação e de conexão (tomadas)

É recomendável fazer a locação sobre a planta baixa dos elementos de iluminação e de força (tomadas), visando se fazer ajustes no quantitativo de pontos conforme as necessidades dos usuários ou funcionalidades desejadas em cada ambiente.

A Figura 3 mostra um exemplo de disposição dos elementos de iluminação e de força sobre a planta baixa da edificação.

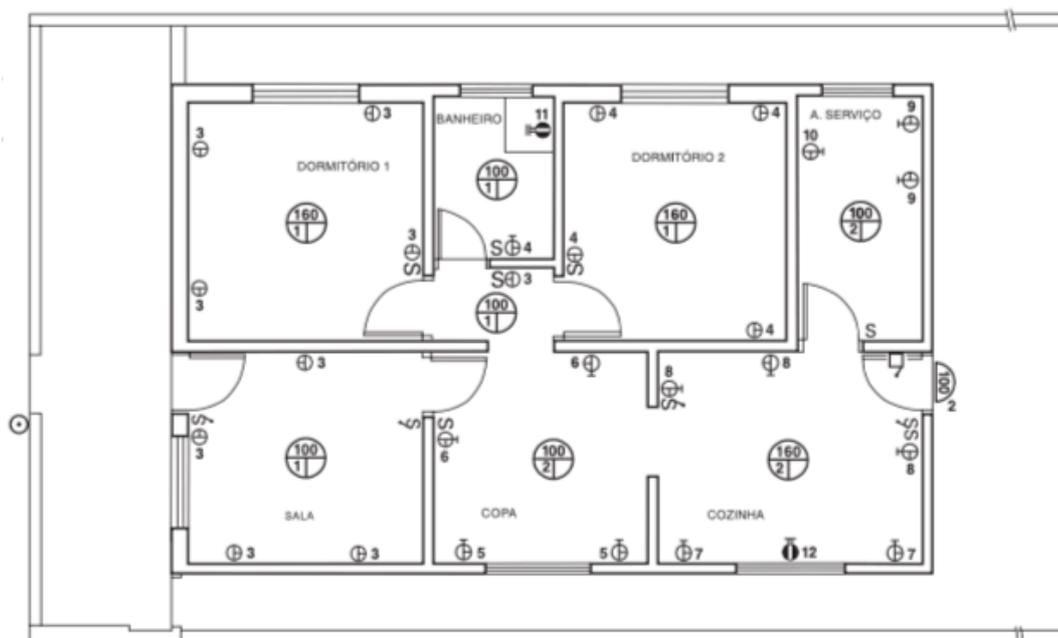


Figura 3 – Exemplo de locação dos elementos sobre a planta baixa.

Fonte: (Prysmian, 2006).

3.6 Calcular a potência total da instalação

Após o cálculo das potências ativas totais dos circuitos de iluminação e de força, considerando o fator de demanda aplicável ao projeto, pode-se obter a potência total demandada pela instalação elétrica.

3.7 Determinar o tipo de fornecimento de energia elétrica

A partir da potência ativa total demandada pela unidade consumidora, pode-se consultar a regulamentação da concessionária de energia elétrica e determinar o tipo de fornecimento de energia elétrica.

Em Santa Catarina, em geral, se deve consultar a Norma Técnica N-321.0001 da CELESC para definir o tipo de fornecimento de energia elétrica permitido para o projeto que está sendo realizado. Os dados obtidos na norma da concessionária de energia elétrica podem ser reproduzidos na Tabela 19, para serem anexados à documentação do projeto que está sendo realizado.

Tabela 19 – Dados da entrada de energia elétrica.

Potência ativa total demandada (kW)	
Potência aparente total demanda (kVA)	
Tipo de fornecimento	
Categoria do fornecimento	
Tensão de alimentação (V)	
Número de fases	
Número de fios	
Disjuntor geral (A)	
Ramal de ligação	
Ramais de entrada e saída	
Condutor de proteção	
Eletroduto	

Fonte: Adaptado de (Norma Técnica N-321.0001, CELESC, 2019).

3.8 Locar os quadros de medição e de distribuição

Em seguida pode-se localizar sobre a planta baixa da edificação os quadros de medição e de distribuição, seguindo as recomendações técnicas do capítulo anterior.

3.9 Divisão e agrupamento de circuitos

A partir da definição do tipo de fornecimento de energia elétrica e do número de condutores fase da instalação, pode-se fazer o grupo de circuitos parciais e sua divisão em diferentes circuitos terminais. Os resultados podem ser registrados em uma planilha, a exemplo da Tabela 20, que pode ser utilizada para elaboração do quadro de cargas, que deverá constar na documentação do projeto da instalação elétrica.

Tabela 20 – Exemplo para elaboração de quadro de cargas.

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							

Fonte: Adaptado de (Mussoi, 2016).

3.10 Representação dos eletrodutos e fiação na planta baixa

Após a definição do número de circuitos e dos agrupamentos necessários, pode-se realizar o traçado das linhas elétricas (eletrodutos) sobre a planta baixa e a seguir interconectar os elementos dos diversos circuitos.

O primeiro trecho de eletrodutos será saindo do quadro de medição até o quadro de distribuição, no interior da edificação.

A seguir são desenhados os trechos internos, isto é, aqueles entre o quadro de distribuição e os elementos terminais. Neste caso, em geral os eletrodutos são desenhados saindo do quadro de distribuição até o ponto de luz no teto e no centro do ambiente, para então derivar saídas para os diversos pontos na parede. Em alguns casos pode-se sair diretamente do quadro de distribuição até as caixas terminais na parede ou piso.

Os condutores são representados no diagrama unifilar, desenhado sobre a planta baixa da edificação, fazendo-se a interconexão dos diversos elementos da instalação elétrica, a exemplo do mostrado na Figura 4.

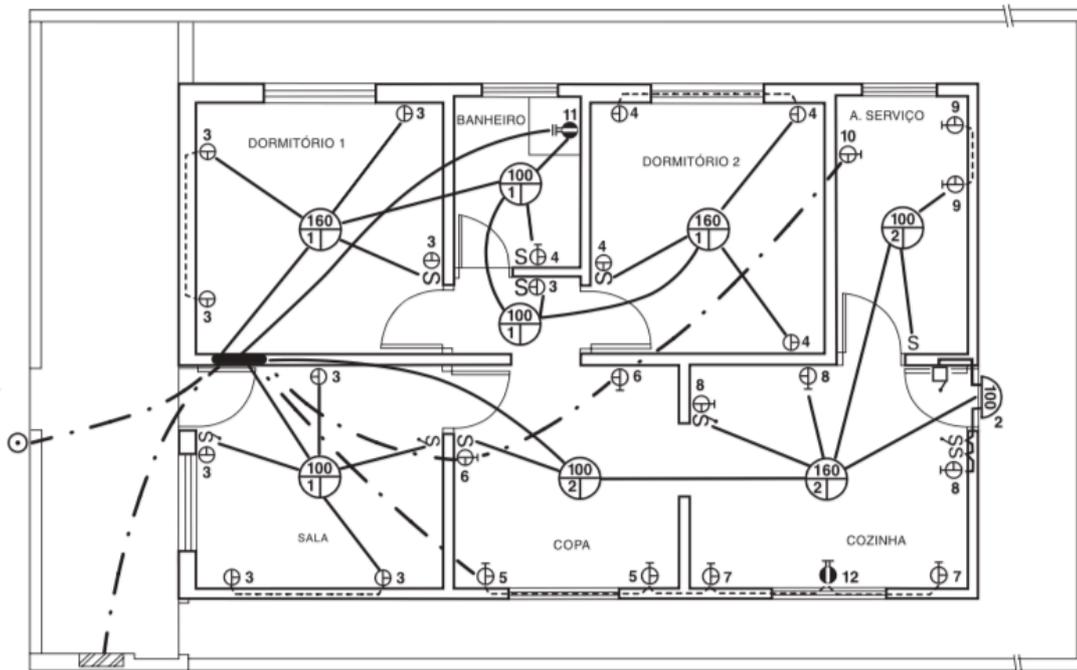


Figura 4 – Exemplo de diagrama unifilar de uma instalação elétrica.

Fonte: (Prysmian, 2006).

3.11 Dimensionamento dos condutores

O dimensionamento dos condutores para cada circuito terminal, após o agrupamento e divisão em subcircuitos, é realizado conforme apresentado no capítulo anterior.

3.12 Dimensionamento da proteção

Os elementos de proteção serão dimensionados a partir da potência do circuito terminal e dos condutores escolhidos para o mesmo. Os resultados podem ser registrados no quadro de cargas, isto é, na Tabela 20.

3.13 Dimensionamento dos eletrodutos

Os eletrodutos são dimensionados em função da seção e da quantidade de condutores em cada trecho da instalação, conforme visto no capítulo anterior.

3.14 Locação e previsão de circuitos auxiliares

Os circuitos auxiliares, tais como: alarme, sinalização, sinais de telefone, internet e televisão, podem ser previstos no projeto da instalação elétrica, sendo usual se utilizar cores diferentes para os pontos de tomadas e eletrodutos destes circuitos.

A representação em diagrama unifilar dos circuitos auxiliares pode ser feita no mesmo diagrama da instalação elétrica ou em planta separada, conforme convier ao projetista.

3.15 Elaborar diagrama unifilar do quadro de distribuição

O diagrama unifilar do quadro de distribuição deve ser elaborado para detalhar os elementos de proteção e sua interconexão e sequenciamento, evitando erros de montagem durante a execução do projeto, por exemplo.

3.16 Elaborar a legenda dos elementos da instalação

Após a representação das conexões dos elementos no diagrama unifilar, deve-se elaborar a legenda do projeto, que fará parte da documentação do mesmo.

3.17 Descrever detalhes e informações adicionais

O detalhamento sobre alguma parte específica, além das informações adicionais sobre o projeto realizado devem ser descritas na planta baixa, em quadros identificados, a exemplo do mostrado na Figura 1.

3.18 Elaborar memorial descritivo do projeto realizado

Ao final do projeto da instalação elétrica, deve ser elaborado um memorial descrito do trabalho realizado, que será incorporado à documentação completa da parte elétrica da edificação.

Ao memorial descritivo pode ser incorporado o memorial de cálculo, com o detalhamento dos cálculos utilizados ao longo do projeto e conseqüente valores obtidos.

4 Exemplo de Projeto

A título de exemplo, será realizado um projeto completo de uma edificação simples, com um dormitório, com sua planta baixa mostrada na Figura 5.

É importante ressaltar que esta edificação é fictícia, isto é, o projeto tem as dimensões típicas de uma planta residencial, mas tem apenas objetivos didáticos neste documento.

As escolhas realizadas e os valores obtidos podem variar conforme a metodologia utilizada por cada projetista, tendo-se inclusive possibilidade de erros ou melhorias a serem feitas no projeto ora apresentado.

4.1 Determinar os pontos de iluminação

Inicialmente, considerando a planta baixa da edificação e as medidas de cada ambiente, se preenchem na Tabela 21 a área e o perímetro dos cômodos da mesma.

A seguir, conforme as recomendações da NBR 5410, se determinaram as potências da iluminação considerando a área de cada ambiente, anotando-se os valores obtidos na Tabela 21.

Assim, se tem:

- 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.

Tabela 21 – Distribuição das 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

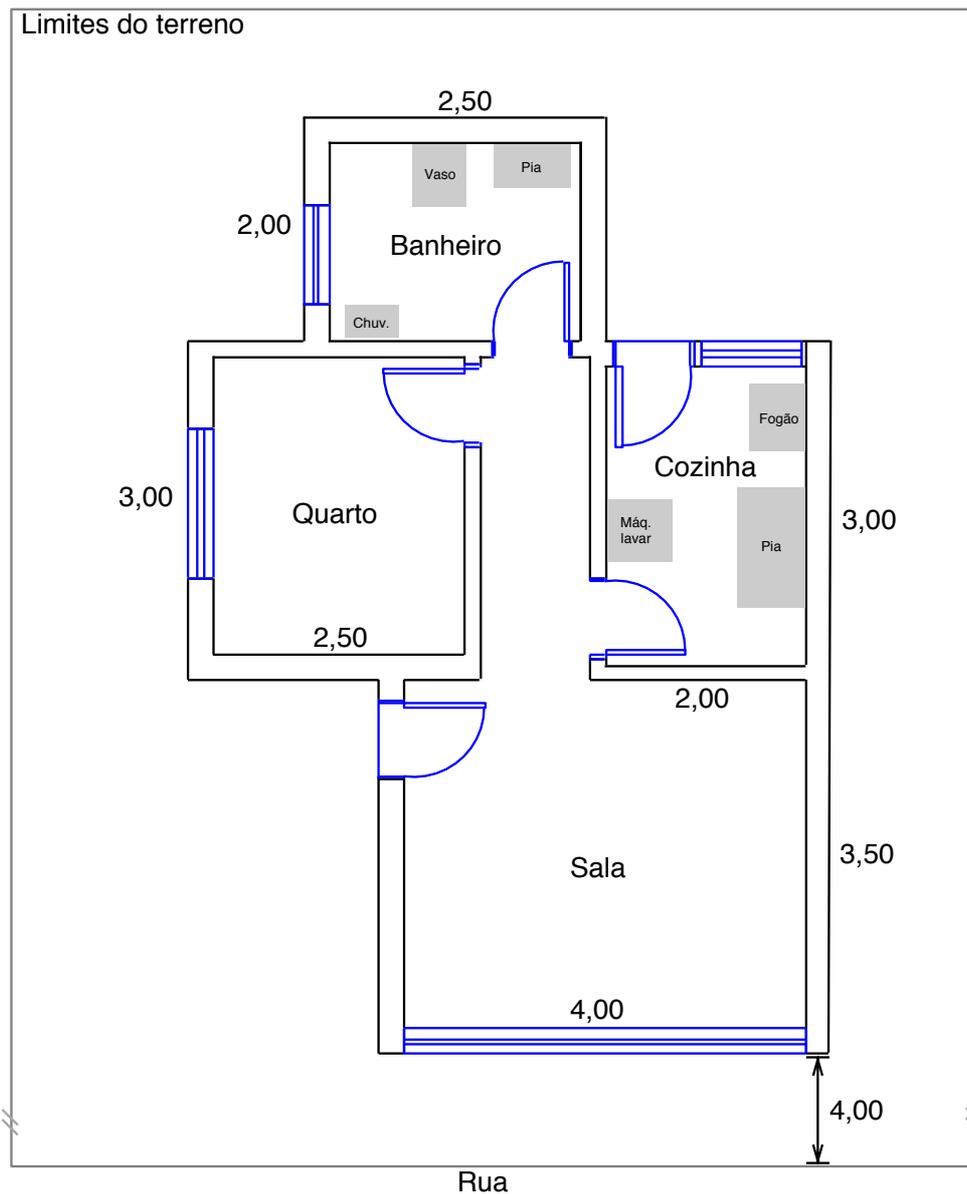


Figura 5 – Planta baixa simples de edificação típica.

4.2 Calcular a potência ativa da iluminação

A potência ativa da instalação é calculada aplicando-se fator de potência unitário, resultando no mesmo valor que a potência aparente, conforme registrado na Tabela 22.

Tabela 22 – Cálculo da potência ativa total 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

4.3 Determinar os pontos de conexão (tomadas)

A partir dos critérios técnicos e recomendados pela NBR 5410, determina-se a quantidade e potências das tomadas de uso geral (TUG) e específicas (TUE) da instalação.

O número mínimo de pontos de tomadas, conforme a NBR 5410 será:

- 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.

Em relação a potência mínima dos pontos de tomadas, se terá, conforme a NBR 5410:

- 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.

Utiliza-se a Tabela 21 para o registro da quantidade e potência dos pontos de tomadas para cada ambiente da edificação, onde pode-se notar que foi deixado um circuito independente para ampliações futuras.

4.4 Calcular a potência ativa do circuito de força (tomadas)

A potência ativa das tomadas de uso geral é calculada aplicando-se um fator de potência de 0,8, conforme mostrado na Tabela 22.

Por sua vez, as tomadas de uso específico são especificadas diretamente com sua potência ativa, não sendo necessário realizar o cálculo a partir do fator de potência das mesmas. No entanto, para determinar a corrente eficaz nestes circuitos se precisará obter o fator de potência para cada elemento alimentado por tomadas de uso específico.

4.5 Locar os elementos de iluminação e de conexão (tomadas)

Após de determinar os quantitativos para os elementos de iluminação e de conexão (tomadas), pode-se locar os mesmos sobre a planta baixa, visando ajustes necessários, caso se perceba alguma inconsistência ou incoerência no projeto realizado até o momento. Assim, a Figura 6 apresenta a planta baixa com os pontos de iluminação e tomadas locados sobre a mesma, onde se nota que para as tomadas de uso específico se especifica a potência ativa junto as mesmas, o que também é feito para a potência aparente superior a 100 VA para as tomadas de uso geral.

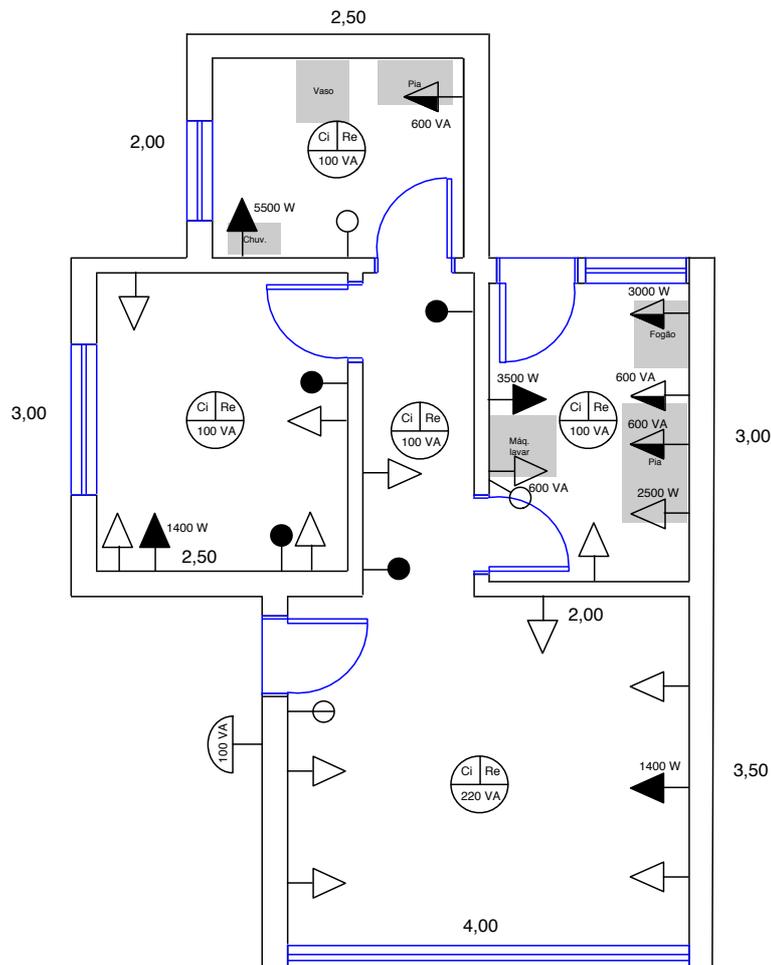


Figura 6 – Localização dos elementos pontos de iluminação e tomadas na planta baixa.

4.6 Calcular a potência total da instalação

A potência ativa total dos circuitos de iluminação e de tomadas de uso geral é de $720 + 2.800 = 3.520$ W. Assim, consultando a Tabela 1, obtém-se um fator de demanda de 0,59, o que implica em uma nova potência total para estes circuitos de 2.076,8 W, obtida pela multiplicação de 3.520 por 0,59.

Por sua vez, a potência total dos circuitos de tomadas de uso específico é de 19.800 W, obtido pela previsão de 7 pontos de tomadas. Assim, consultando a Tabela 2, obtém-se um fator de demanda de 0,60. Deste modo, a nova potência total dos circuitos de tomadas de uso específico será de 11.880 W, obtidos multiplicando-se 19.800 por 0,60.

Portanto, a potência ativa total da instalação será de $2.076,8 + 11.880$, resultando em 13.956,8 W, que será considerada como a potência demandada pela unidade consumidora.

4.7 Determinar o tipo de fornecimento de energia elétrica

A partir da potência ativa total demanda pela unidade consumidora, neste caso de 13.956,8 W, consultando a Norma Técnica N-321.0001 da CELESC, se determina que o fornecimento será monofásico, em 220 V, categoria A4. Os dados obtidos consultando-se a norma, com base na definição do tipo de fornecimento de energia elétrica, são apresentados na Tabela 23.

Tabela 23 – 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
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

4.8 Locar os quadros de medição e distribuição

A medição será localizada nos limites do terreno e considerando este ser um exemplo de projeto didático, ou seja, partindo-se de uma situação fictícia, não serão detalhados todos os elementos e aspectos técnicos relacionados com a entrada de energia elétrica e a medição.

O quadro de distribuição será localizado no corredor da edificação, ficando acessível facilmente dos diversos ambientes da mesma.

4.9 Divisão e agrupamento de circuitos

A partir da definição do tipo de fornecimento de energia, pode-se agrupar os diversos circuitos, visando a elaboração do quadro de cargas e também a definição dos condutores e da proteção. Os elementos de iluminação serão agrupados em um único circuito, visto a potência total ser baixa.

As tomadas de uso geral foram divididas em 2 circuitos, um para a cozinha e outro para os demais ambientes. As tomadas de uso específico constituem circuitos independentes.

Após a divisão e agrupamento em circuitos, podem-se identificar os elementos locados anteriormente na planta baixa, conforme mostrado na Figura 7. A Tabela 24 apresenta o agrupamento realizado, representando o quadro de cargas da instalação elétrica.

Tabela 24 – 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	-

4.10 Representação dos eletrodutos e fiação

Ao se definir a divisão em circuitos e ter localizado os elementos de iluminação e de força na planta baixa, pode-se realizar o traçado dos eletrodutos e posteriormente a representação dos condutores em cada trecho da instalação, visando a interconexão dos elementos para a funcionalidade do circuito.

Os eletrodutos são traçados saindo do quadro de distribuição, em direção às caixas dos pontos de iluminação no teto e, em alguns casos em particular, diretamente para o ponto de alimentação.

A Figura 8 mostra o resultado da representação das linhas elétricas (eletrodutos) sobre a planta baixa da edificação. Observe que a seção dos pontos de iluminação está indicando para cada lâmpada, qual interruptor correspondente fará seu comando.

A Figura 9 apresenta o diagrama unifilar completo da instalação elétrica, ou seja, com a locação de todos os elementos, dos eletrodutos e dos condutores provendo a interconexão de todos os elementos dos circuitos previstos.

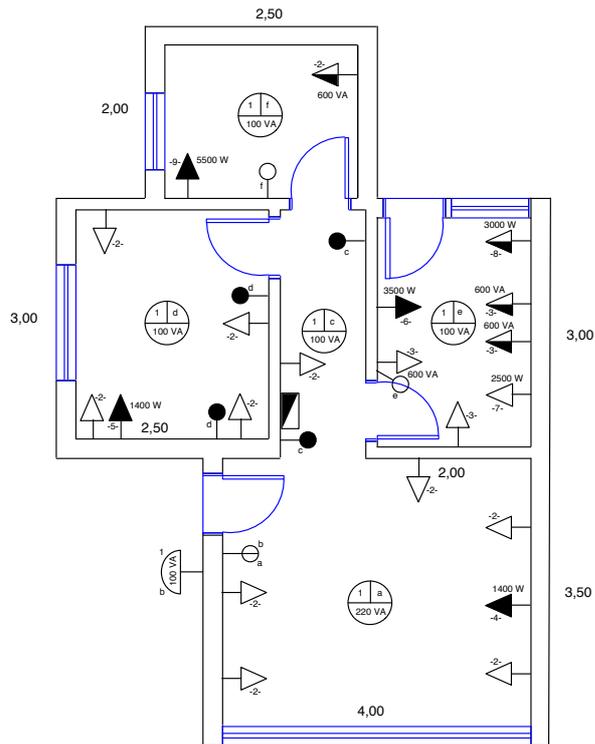


Figura 7 – Elementos identificados conforme dos circuitos terminais da instalação.

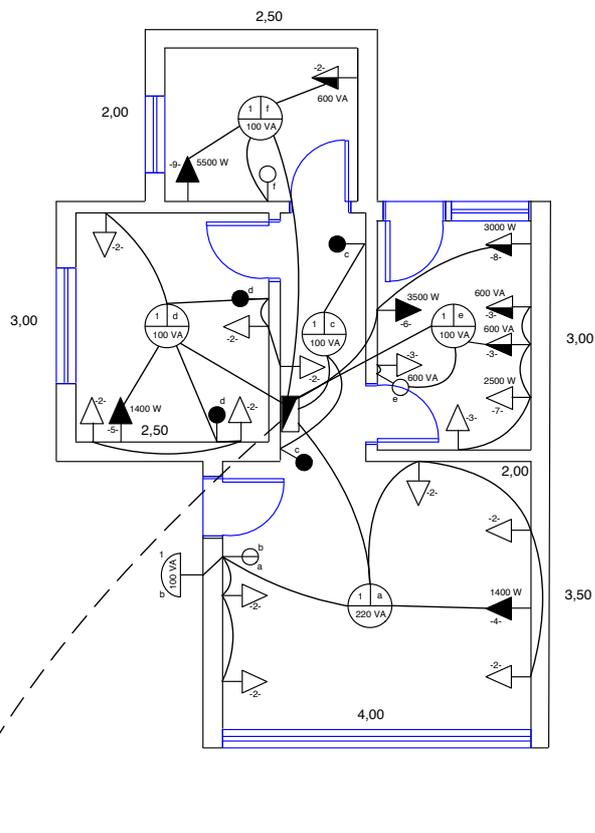


Figura 8 – Representação das linhas elétricas (eletrodutos) sobre a planta baixa.

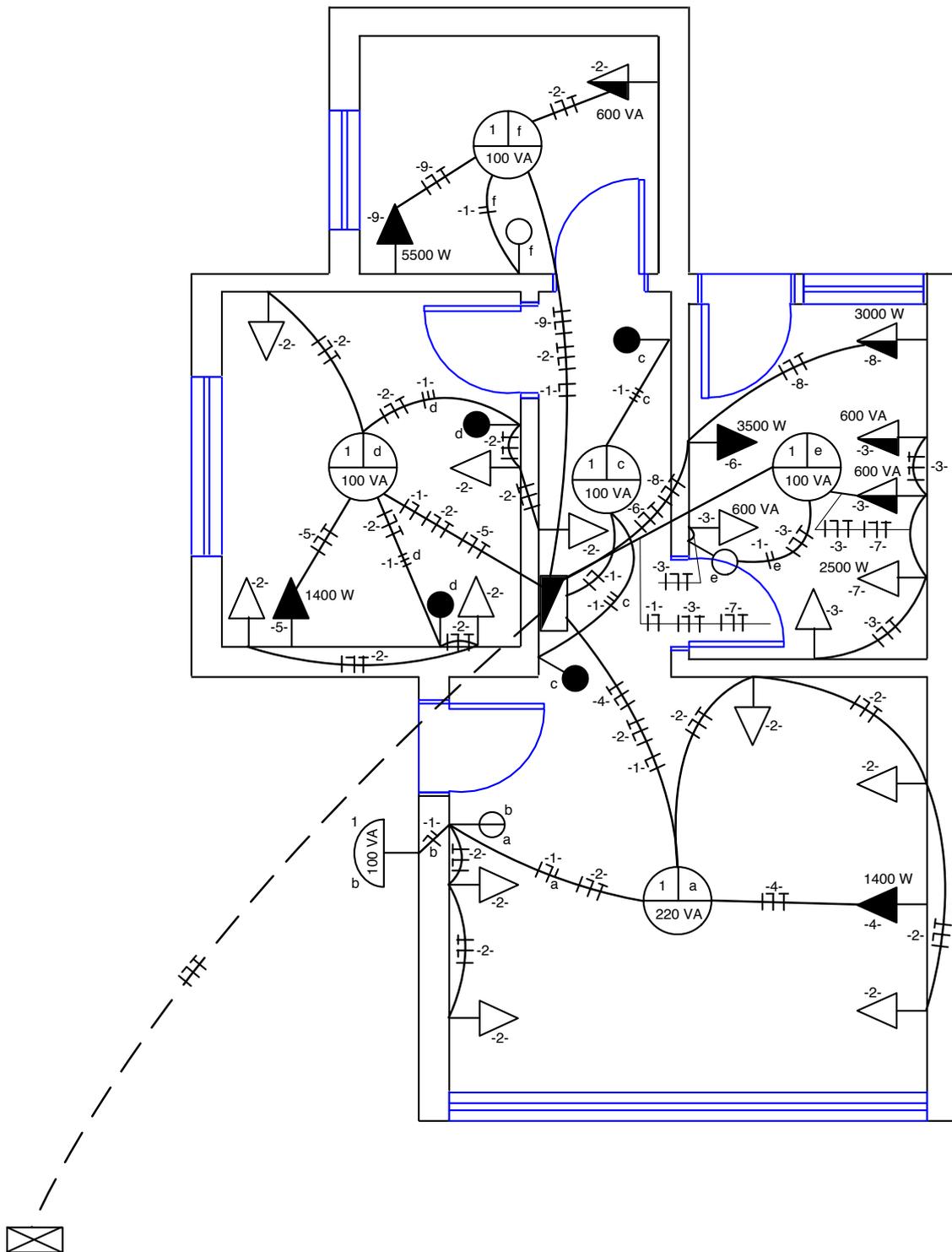


Figura 9 – Representação dos condutores e interconexões dos diferentes elementos da instalação elétrica.

4.11 Dimensionamento dos condutores

O dimensionamento dos condutores é realizado a partir das correntes dos diversos circuitos. Assim, a partir das potências aparentes dos circuitos agrupados, tem-se:

- Circuito 1 – Potência aparente de 720 VA, resultando em uma corrente eficaz de 3,27 A, obtida dividindo-se a potência aparente pela tensão de 220 V;

- Circuito 2 – Potência aparente de 1.600 VA, resultando em uma corrente eficaz de 7,27 A;
- Circuito 3 – Potência aparente de 1.900 VA, resultando em uma corrente eficaz de 8,64 A;
- Circuito 4 – Potência ativa de 1.400 W. Neste caso, precisa-se do fator de potência do equipamento, que para condicionadores de ar é considerado entre 0,6 e 0,8. Adotando-se o valor de 0,8, se obtém uma potência aparente de 2.000 VA, resultado de 1.400 divididos por 0,8. Assim, a corrente eficaz será de 9,09 A, obtida dividindo-se 2.000 por 220;
- Circuito 5 – Potência ativa de 1.400 W. Em sendo um condicionador de ar, adota-se o valor de 0,8 para o fator de potência, resultando em potência aparente de 2.000 VA e em uma corrente eficaz de 9,09 A;
- Circuito 6 – Potência ativa de 3.500 W. Em sendo uma secadora de roupas, será considerada uma carga resistiva, com fator de potência unitário, resultando em potência aparente de 3.500 VA e em uma corrente eficaz de 15,9 A;
- Circuito 7 – Potência ativa de 2.500 W. Em sendo uma torneira elétrica, será considerada uma carga resistiva, com fator de potência unitário, resultando em potência aparente de 2.500 VA e em uma corrente eficaz de 11,36 A;
- Circuito 8 – Potência ativa de 3.000 W. Em sendo um forno elétrico, será considerado uma carga resistiva, com fator de potência unitário, resultando em potência aparente de 3.000 VA e em uma corrente eficaz de 13,64 A;
- Circuito 9 – Potência ativa de 5.500 W. Em sendo um chuveiro elétrico, será considerado uma carga resistiva, com fator de potência unitário, resultando em potência aparente de 5.500 VA e em uma corrente eficaz de 25 A;
- Circuito 10 – Potência ativa de 2.500 W. Como este circuito é para expansão futura da instalação elétrica em função da aquisição de algum equipamento novo, por exemplo, será considerado um fator de potência de 0,7. Assim, a potência aparente será de 3571,43 VA e a corrente eficaz de 16,23 A.

O método de instalação será B1, com condutores de cobre com isolamento de PVC, acondicionados em eletrodutos embutidos em parede de alvenaria, considerando-se a temperatura ambiente de 30 °C.

A partir da Tabela 6, para o método B1 e para 2 condutores carregados, se obtém as seções dos condutores, para registro na Tabela 24, ou seja, no quadro de cargas da instalação

elétrica. Deve-se atentar para a seção mínima indicada na Tabela 3.

Ainda, a partir da Figura 9, pode-se perceber que em alguns trechos ocorre o agrupamento de 3 circuitos em um mesmo eletroduto. Assim, deve aplicar o fator de correção da Tabela 11, neste caso de 0,70.

Portanto se teria que:

- Condutor de 1,5 mm² – Tem capacidade de corrente de 17,5 A conforme a Tabela 6. Aplicando o fator de correção de 0,70, sua capacidade seria de 12,25 A, que ainda está muito acima de 3,27 A calculados para o circuito de iluminação (1);
- Condutor de 2,5 mm² – Tem capacidade de corrente de 24 A conforme a Tabela 6. Aplicando o fator de correção de 0,70, sua capacidade seria de 16,8 A, que ainda está acima de 15,9 A calculados para o circuito de tomadas de uso específico para alimentação de uma secadora de roupas (6), considerando-se que este seja o circuito com a maior corrente entre aqueles que utilizam condutor com seção de 2,5 mm². O circuito 10, para ampliação futura, havia sido previsto com condutores de 2,5 mm², no entanto, em virtude de não se conhecer os trechos de eletrodutos que poderão ser usados no futuro, é prudente alterar a seção do condutor para 4 mm² ;
- Condutor de 4 mm² – Tem capacidade de corrente de 32 A conforme a Tabela 6. Aplicando o fator de correção de 0,70, sua capacidade seria de 22,4 A, que está abaixo dos 25 A calculados para o circuito de alimentação do chuveiro (9). Assim, neste caso se precisa alterar a seção do circuito 9, aumentando a mesma para 6 mm².

A título de verificação, será realizado o cálculo do critério da queda de tensão para os condutores de alimentação do chuveiro, estimando-se uma distância de aproximadamente 5 metros entre o quadro de distribuição e o ponto de conexão do elemento terminal.

Assim, a queda de tensão máxima em V/A.km será:

$$\Delta V = \frac{\Delta V(\%) \cdot V_n}{I \cdot L \cdot 100} = \frac{4 \cdot 220}{25 \cdot 0,005 \cdot 100} = 70,4 \frac{V}{A \cdot km}$$

Consultando a Tabela 12, nota-se que para eletrodutos não-magnéticos e circuitos monofásicos, o condutor de 1,5 mm² resulta em uma queda de tensão de 23,3 V/A.km, significando que para o valor calculado seria possível utilizar condutores com seções inferiores aquelas apresentadas na tabela, o que não se aplica neste caso. Assim, quando as distâncias forem pequenas e as correntes com valores convencionais para as cargas típicas de uma instalação

residencial em baixa tensão, o critério da escolha dos condutores pela corrente eficaz ou pelo estipulado na norma levará a seção maior do que pelo critério da queda de tensão, não sendo necessário aplicar o mesmo.

Os condutores de proteção de todos os circuitos terminais terão a mesma seção dos condutores fase, conforme pode ser verificado na Tabela 4.

4.12 Dimensionamento da proteção

Os disjuntores termomagnéticos são escolhidos em função da seção dos condutores definida anteriormente e consultando-se a Tabela 13, preenchendo-se os valores obtidos diretamente na Tabela 24, isto é, no quadro de cargas do projeto. Considerou-se 3 circuitos para o mesmo eletroduto, conforme se pode observar na Figura 9.

Em específico para os circuitos terminais 6 (secadora de roupas e 9 (alimentação do chuveiro) se utilizou o disjuntor imediatamente acima daquele indicado na Tabela 13, pois do contrário a corrente do circuito estaria igual ou acima da corrente nominal do disjuntor, o que implicaria em funcionamento incorreto do circuito.

É importante destacar que na Tabela 13, ao se considerar 6 condutores carregados (3 circuitos no eletroduto), se está usando um critério conservador, isto é, que todos os condutores estariam conduzindo a corrente máxima do circuito que estão alimentando, o que, em geral, não ocorre durante o uso convencional da instalação elétrica em uma residência com finalidade residencial.

O disjuntor geral do quadro de distribuição será de 50 A, para estar abaixo do disjuntor geral da medição e acima do maior valor dos circuitos terminais. Neste caso não foi possível atender plenamente o critério de seletividade da Tabela 15. De todo modo se realizou a coordenação entre os elementos de proteção, visto os valores estarem escalonados dos circuitos terminais até a entrada de energia elétrica. A partir da escolha do disjuntor de 50 A, pode consultar a Tabela 14 e escolher a seção dos condutores que conectam o quadro de medição até o quadro de distribuição, sendo os mesmos de 10 mm².

A título de verificação, considerando-se uma distância de em torno de 15 metros do quadro de medição até o quadro de distribuição, aplicando-se o critério da queda de tensão se teria:

$$\Delta V = \frac{\Delta V(\%) \cdot V_n}{I \cdot L \cdot 100} = \frac{4 \cdot 220}{50 \cdot 0,015 \cdot 100} = 11,73 \frac{V}{A \cdot km}$$

Consultando a Tabela 12 se verifica que um condutor de 4 mm² atenderia ao critério da

queda de tensão com folga, o que implica em boa margem de segurança ao se utilizar o condutor de 10 mm².

Ainda, pela Tabela 6 se verifica que o condutor com seção de 10 mm² instalado em eletroduto em parede de alvenaria (método B1) suporta 57 A e se instalado em eletroduto enterrado (método D) suportaria 63 A, confirmando-se a escolha realizada anteriormente.

Os disjuntores diferenciais-residuais serão de 30 mA, sendo utilizados valores comerciais próximos aqueles dos disjuntores termomagnéticos escolhidos anteriormente, anotando-se os valores na Tabela 24. As menores correntes para disjuntores diferenciais-residuais bipolares (fase e neutro) são para 25 A, implicando que este disjuntor será colocado acima do disjuntor termomagnético.

Os dispositivos de proteção contra surtos serão instalados no quadro de distribuição, sendo de 275 V/15 kA, classe II.

4.13 Dimensionamento dos eletrodutos

Os eletrodutos são definidos a partir da Tabela 16, levando em conta a seção e o número de condutores carregados no interior dos mesmos.

É usual se utilizarem eletrodutos de $\frac{3}{4}$ de polegadas, ou seja, de 20 mm de diâmetro externo, que acondiciona, conforme a Tabela 16, 6 condutores carregados com seção de 4 mm². Em termos de área, o eletroduto de 20 mm de diâmetro terá uma área de 186,26 mm², sendo recomendado se utilizar apenas 40% para acondicionamento de condutores, que corresponde a 74,5 mm².

Assim, tomando como base o trecho do quadro de distribuição até o ponto de iluminação no banheiro, por onde passam os condutores da alimentação do chuveiro, que terá 2 condutores 1,5 mm², 3 condutores de 2,5 mm² e 3 condutores de 6 mm², que somam uma área de cobre de 28,5 mm², mas que em termos de área total, considerando a camada de isolamento para condutores flexíveis isolados em PVC, será de 94,3 mm², representará uma ocupação de em torno de 50% da área do eletroduto.

Neste caso se poderia utilizar eletrodutos de 25 mm para os trechos saindo do quadro de distribuição para a sala, quarto, cozinha e banheiro; sendo os demais trechos executados com eletrodutos de 20 mm. Também é usual se utilizar 2 eletrodutos de 20 mm nos trechos críticos, evitando o uso de bitolas diferentes e desperdício de material.

Deste modo, por facilidades práticas, serão utilizados eletrodutos flexíveis de 20 mm para todos os trechos da instalação, tanto internos como externos, neste último caso, do quadro de

medição até o quadro de distribuição; exceto para os trechos do quadro de distribuição até os pontos de iluminação no teto dos seguintes ambientes: sala, quarto, cozinha e banheiro.

4.14 Circuitos auxiliares

A título de exemplo, a Figura 10 apresenta o diagrama unifilar com a representação da entrada dos sinais de dados e imagem e sua distribuição em alguns ambientes da edificação. Normalmente, durante a fase de execução da obra, são instalados os eletrodutos e as caixas, deixando-se a passagem de cabos e instalação de conectores específicos quando da contratação do serviço de telefonia, internet e TV a cabo, por exemplo.

Outros elementos auxiliares, como sensores de presença, alarmes, campainha, interfone, dentre outros, não foram incluídos neste exemplo didático, ficando a critério do projetista inserir os mesmos em seus projetos em acordo com os usuários finais da edificação.

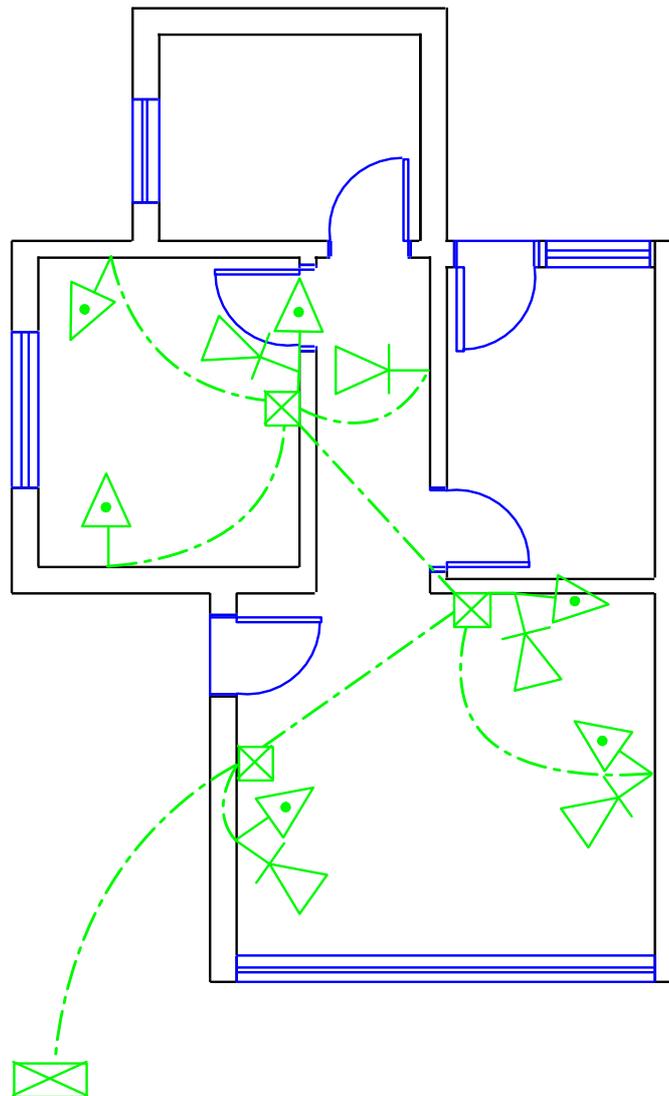
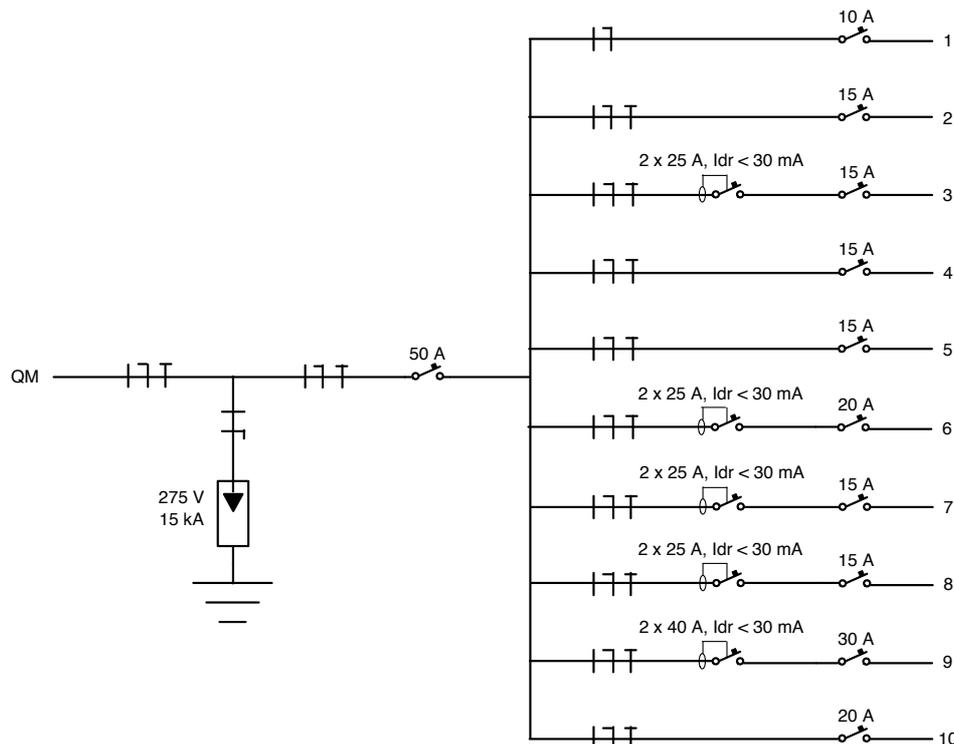


Figura 10 – Representação dos pontos para dados e imagem (internet e TV).

4.15 Diagrama unifilar do quadro de distribuição

É comum apresentar o diagrama unifilar do quadro de distribuição como parte da documentação e/ou da planta de um projeto elétrico de baixa tensão.

Assim, a Figura 11 apresenta o diagrama unifilar do quadro de distribuição do projeto didático realizado.



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

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

Figura 11 – Diagrama unifilar do quadro de distribuição.

4.16 Elaboração da legenda

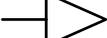
A legenda com os símbolos utilizados no projeto elaborado como exemplo didático é apresentada na Tabela 25.

4.17 Considerações finais sobre o projeto realizado

Este projeto foi apresentado aqui com fins didáticos, não servindo como modelo ou para ser aplicado aos órgãos oficiais para fins de aprovação e execução.

Os procedimentos adotados e as escolhas realizadas podem ser alterados, otimizados e ajustados conforme convier ao projetista. Eventualmente podem ser encontrados erros ou equívocos, visto ser esta uma versão primeira deste documento.

Tabela 25 – Legenda com a simbologia utilizada no projeto.

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

5 Exercícios

Exercícios Resolvidos

ER 01. Cite dois elementos que devem constar em uma planta de um projeto elétrico?

Diagrama unifilar sobre a planta baixa e legenda.

ER 02. A potência ativa total demandada por uma unidade consumidora foi calculada como sendo de 16 kW. Qual o tipo de fornecimento definido pela concessionária de energia elétrica em Santa Catarina?

Para 16 kW, o fornecimento será bifásico, 220/380 V, categoria B1.

ER 03. Qual o critério recomendado pela norma NBR 5410 em termos de potência mínima de

iluminação nos ambientes?

A potência mínima a ser considerada no projeto é de 100 VA por ambiente.

ER 04. Qual fator de potência deve ser aplicado aos circuitos de iluminação?

Ao circuito de iluminação e a seus elementos se aplica o fator de potência unitário (1).

ER 05. Cite um elemento ou local onde deve ser utilizado o disjuntor diferencial-residual?

No circuito de alimentação de chuveiros, para proteção dos usuários, deve-se utilizar disjuntor diferencial-residual.

Exercícios Propostos

EP 01. O que indica a norma NBR 5410 em termos de número de tomadas para uma cozinha?

EP 02. Qual fator de potência deve ser aplicado no cálculo da potência aparente de uma torneira elétrica?

EP 03. Em quais locais de uma residência é adequado a instalação do quadro de distribuição?

EP 04. Explique como é realizado o dimensionamento de um disjuntor termomagnético.

EP 05. O que é o quadro de cargas de um projeto elétrico?

6 Atividade Avaliativa

6.1 Introdução – O que preciso saber

Ao final deste objetivo de aprendizagem são apresentadas cinco questões, que devem ser respondidas sem consultar o material. Se você conseguir responder as questões e conferir as respostas com o gabarito abaixo, parabéns, você concluiu com êxito este tópico. Caso tenha errado alguma questão, revise o conteúdo relacionado com a mesma e refaça a questão, procurando se concentrar mais desta vez, para acertar o exercício e fixar bem o conteúdo.

AA 01. Qual a potência mínima a ser considerada para tomadas em cozinhas, se o número de tomadas for igual a 3?

AA 02. O que é o fator de demanda em uma instalação elétrica?

AA 03. Qual fator de potência deve ser aplicado no cálculo da potência aparente de um condicionador de ar?

AA 04. O dimensionamento de um disjuntor termomagnético resultou no valor de 20 A. Se pretende

utilizar um disjuntor diferencial-residual de 25 A na proteção do mesmo circuito terminal. Como deve ser o sequenciamento na instalação dos dois disjuntores, isto é, qual deve ser instalado à montante e qual deve ser instalado à jusante?

AA 05. Em geral, ao traçar os trechos de linhas elétricas (eletrodutos) na planta baixa, parte-se do quadro de distribuição para qual elemento do circuito?

de luz no teto, no centro do ambiente.

AA 05. Ao traçar as linhas elétricas (eletrodutos), parte-se do quadro de distribuição até os pontos enquanto o disjuntor termomagnético de 20 A deve ser instalado à jusante (abaixo).

AA 04. Neste caso, o disjuntor diferencial residual de 25 A deve ser instalado à montante (acima), 0,7 ou 0,8.

AA 03. O fator de potência de um condicionador de ar, é entre 0,6 e 0,8, utilizando-se tipicamente estarão ligados ao mesmo tempo.

AA 02. O fator de demanda representada, em valor percentual, quanto da potência total projetada estará sendo utilizada simultaneamente pelos usuários, visto que nem todos os equipamentos

AA 01. A potência mínima para tomadas na cozinha, até 3 pontos, é de 600 VA.