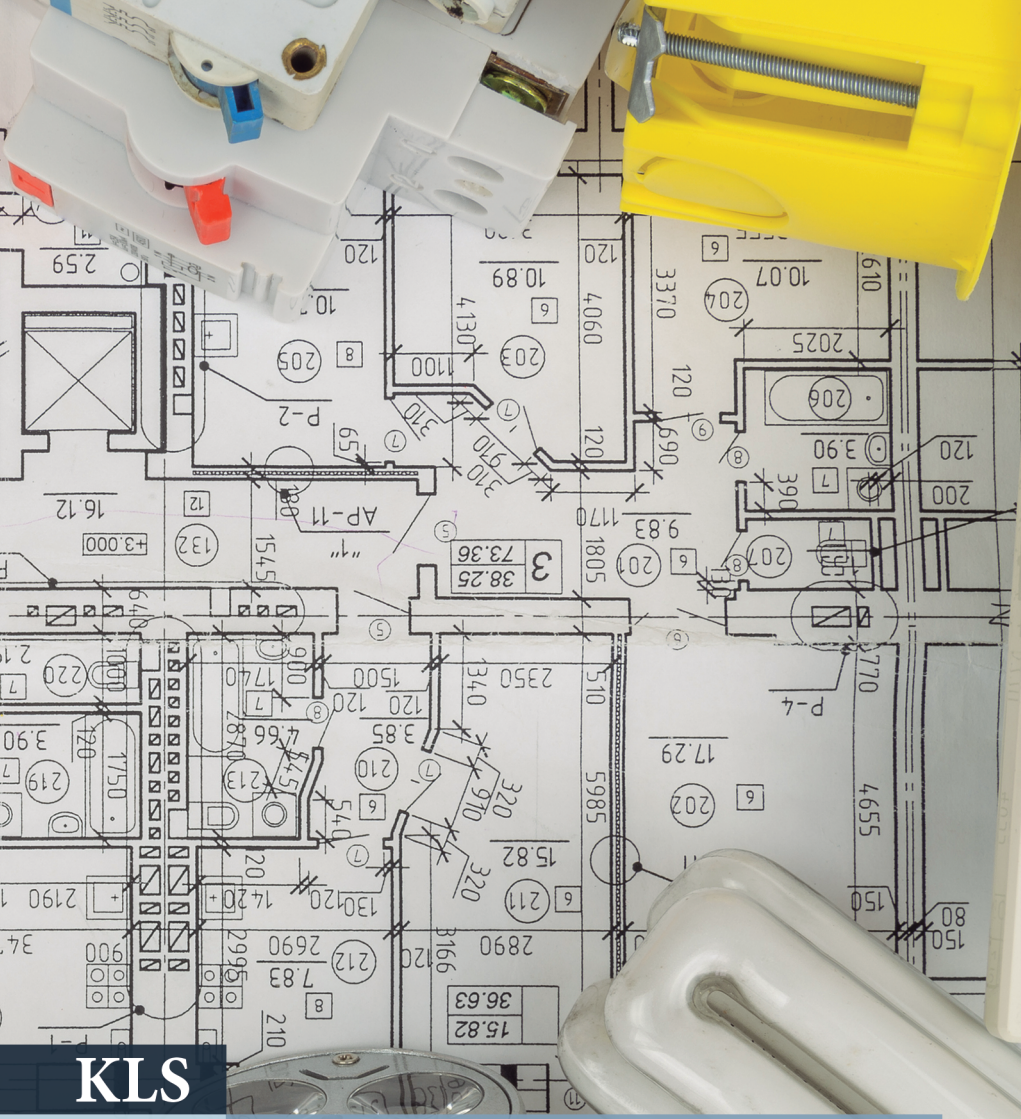


KLS

Instalações Elétricas de Baixa Tensão

Instalações Elétricas de Baixa Tensão

Bruno Moser Nunes

© 2019 por Editora e Distribuidora Educacional S.A.
Todos os direitos reservados. Nenhuma parte desta publicação poderá ser reproduzida ou transmitida de qualquer modo ou por qualquer outro meio, eletrônico ou mecânico, incluindo fotocópia, gravação ou qualquer outro tipo de sistema de armazenamento e transmissão de informação, sem prévia autorização, por escrito, da Editora e Distribuidora Educacional S.A.

Presidente
Rodrigo Galindo

Vice-Presidente Acadêmico de Graduação e de Educação Básica
Mário Ghio Júnior

Conselho Acadêmico
Ana Lucia Jankovic Barduchi
Danielly Nunes Andrade Noé
Grasiele Aparecida Lourenço
Isabel Cristina Chagas Barbin
Thatiane Cristina dos Santos de Carvalho Ribeiro

Revisão Técnica
Hugo Tanzarella Teixeira
Rafael Schincariol da Silva
Roberta Lopes Drekener

Editorial
Elmir Carvalho da Silva (Coordenador)
Renata Jéssica Galdino (Coordenadora)

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

Nunes, Bruno Moser
N972i Instalações elétricas de baixa tensão / Bruno Moser Nunes. – Londrina : Editora e Distribuidora Educacional S.A., 2019.
168 p.

ISBN 978-85-522-1412-0

1. Instalações elétricas. 2. Baixa tensão. 3. Projeto elétrico. I. Nunes, Bruno Moser. II. Título.

CDD 621

Thamiris Mantovani CRB-8/9491

2019
Editora e Distribuidora Educacional S.A.
Avenida Paris, 675 – Parque Residencial João Piza
CEP: 86041-100 — Londrina — PR
e-mail: editora.educacional@kroton.com.br
Homepage: http://www.kroton.com.br/

Sumário

Unidade 1

Fundamentos de instalações elétricas de baixa tensão 7

Seção 1.1

Conceitos básicos de eletricidade 9

Seção 1.2

O projeto de instalações elétricas de baixa tensão 20

Seção 1.3

Projeto luminotécnico 32

Unidade 2

Aspectos iniciais em um projeto de instalações elétricas de baixa tensão 47

Seção 2.1

Previsão de cargas da instalação elétrica 49

Seção 2.2

Demanda de energia em uma instalação elétrica 59

Seção 2.3

Fornecimento de energia: padrão e dimensionamento 72

Unidade 3

Dimensionamento em um projeto de instalações elétricas de baixa tensão 87

Seção 3.1

Divisão da instalação em circuitos 89

Seção 3.2

Dimensionamento de condutores elétricos em instalações elétricas de baixa tensão 104

Seção 3.3

Dimensionamento de condutores elétricos em instalações elétricas de baixa tensão 118

Unidade 4

Proteção, segurança e aterramento em instalações elétricas de baixa tensão 131

Seção 4.1

Aterramento e proteção contra choques elétricos 132

Seção 4.2

Dispositivos de proteção 142

Seção 4.3

Prevenção e combate a incêndio em instalações elétricas de baixa tensão 155

Palavras do autor

Caro aluno, Instalações Elétricas de Baixa Tensão é a disciplina na qual estudaremos os princípios básicos de desenvolvimento e execução de um projeto elétrico predial de baixa tensão, e todo esse aprendizado será baseado em situações reais para melhor compreensão do conteúdo. É fundamental compreender os fundamentos básicos das instalações elétricas em baixa tensão na hora de iniciar, desenvolver e finalizar um projeto elétrico. Cada etapa do projeto deve ser feita de forma correta e objetiva, evitando erros e retrabalhos. Todo projeto elétrico se baseia nas informações do cliente, no objetivo da área e na geometria do cômodo, sendo essencial compreender e saber dimensionar os componentes elétricos que compõem a instalação.

Desenvolver e elaborar um projeto elétrico de baixa tensão requer entendimento de diversas áreas de conhecimento para uma execução correta e segura. Assim, estudaremos todos os aspectos necessários para cumprir as tarefas que possam ser a você delegadas, e para isso vamos dividir as informações em quatro unidades.

Na Unidade 1 serão apresentados os fundamentos básicos da eletricidade, uma visão geral do desenvolvimento de um projeto elétrico de baixa tensão e como desenvolver um projeto de iluminação residencial. Na Unidade 2 você verá como são feitos a previsão mínima de cargas, os cálculos para o dimensionamento do padrão de entrada e os limites de fornecimentos permitidos para operação de uma instalação elétrica predial de baixa tensão. Na Unidade 3 você aprenderá como dividir os circuitos terminais, o dimensionamento dos condutores e eletrodutos. Na Unidade 4 serão apresentados os dispositivos de segurança elétrica, as formas de aterramento e os sistemas de combate a incêndio.

O estudo dessa disciplina capacita e permitirá a você a atuação direta em projetos elétricos prediais de baixa tensão e, sendo assim, vamos conduzi-lo e ajudá-lo do início da elaboração à entrega final de um projeto elétrico.

Unidade 1

Fundamentos de instalações elétricas de baixa tensão

Convite ao estudo

O estudo de instalações elétricas de baixa tensão tem implicações diretas em nosso cotidiano, pois vivemos em residências com iluminação, equipamentos elétricos e eletrônicos. Você já pensou como seria viver sem eletricidade? No estudo desta primeira unidade vamos contextualizar os conceitos básicos de eletricidade apresentando as grandezas elétricas e a maneira como elas se relacionam. Também entenderemos os componentes elétricos e suas aplicações em um projeto elétrico.

Imagine a seguinte situação: você acaba de ser contratado como estagiário em uma empresa de consultoria em projetos elétricos prediais e industriais. Essa empresa atua no ramo de engenharia há mais de dez anos, desenvolvendo projetos desde pequenas casas populares até grandes subestações industriais. Outro ramo de atuação da empresa é o fornecimento de parecer em laudos técnicos para auxiliar juízes e advogados em processos jurídicos. Nesse programa de estágio você passará por diversas áreas da empresa e conhecerá diversos setores, podendo atuar em vários projetos, desde pequenas reformas residenciais até prédios de grandes potências elétricas.

Em seu primeiro dia de trabalho, o coordenador da área de projetos elétrico lhe chama para explicar os projetos em andamentos. Entre eles, se destacam o projeto elétrico de uma residência de médio porte em um condômino fechado, um laudo técnico de uma instalação elétrica antiga e um projeto industrial de um armazém de cereais.

Ele sugere que você inicie seu aprendizado acompanhando o desenvolvimento do projeto da residência. Para o início do desenvolvimento do projeto elétrico residencial ele lhe apresenta a planta baixa da residência enviada pelo cliente, desenvolvida em parceria com um escritório de arquitetura. Todo o projeto elétrico deve ser baseado no projeto arquitetônico e nas requisições do cliente, com relação aos equipamentos elétricos e à utilização de cada área da residência.

Você já teve contato com alguma planta civil residencial? E com algum diagrama elétrico residencial?

Nesta unidade, estudaremos os conceitos básicos de eletricidade, os principais competentes elétricos e suas grandezas elétricas, e também iniciaremos nosso projeto elétrico, com a elaboração do projeto de iluminação.

Seção 1.1

Conceitos básicos de eletricidade

Diálogo aberto

Muito prazer em tê-lo na primeira seção da Unidade 1, que versa sobre os conceitos básicos de eletricidade: esse primeiro contato é fundamental para o entendimento das demais unidades que se apresentarão. Estudaremos quais as principais grandezas elétricas e como elas se relacionam entre si, o comportamento dos componentes elétricos frente à tensão e corrente elétrica e como o consumo de energia elétrica é calculado e mensurado.

Para melhor assimilar os conceitos apresentados, vamos relembrar a situação na qual você foi contratado como estagiário em uma empresa de projetos prediais e industriais. O coordenador da área apresentou os principais projetos em andamento e propôs que você acompanhe o projeto elétrico de uma residência em um condomínio, auxiliando seu desenvolvimento.

No acompanhamento da elaboração do projeto elétrico residencial, seu coordenador lhe pediu para conferir a lista de cargas e verificar se não há nenhum erro no cálculo das correntes elétricas. Essa lista é muito importante para o dimensionamento dos condutores e do padrão de entrada. Você se depara com duas cargas de mesma potência elétrica, conforme apresentado na Tabela 1.1.

Tabela 1.1 | Lista de cargas

Carga	Potência (W)	Corrente (A)
Chuveiro 1	5550	43,3
Chuveiro 2	5550	25

Fonte: elaborada pelo autor.

Há algum erro nos cálculos dessas cargas? Ao longo desta seção verificaremos as relações entre as grandezas elétricas tensão, corrente e potência ativa e reativa, e também vamos entender como as resistências, indutâncias e capacitâncias funcionam, suas propriedades e relações com as grandezas elétricas.

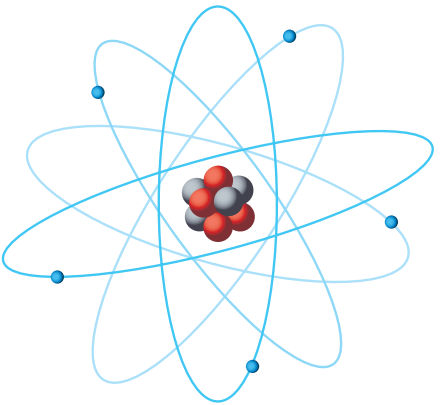
Assim trabalhe e estude de forma continua e eficiente para conseguir o melhor aproveitamento neste assunto, se tornando um excelente profissional qualificado e capacitado em instalações elétricas de baixa tensão.

A energia elétrica é gerada pelos geradores elétricos, que transformam energia mecânica ou térmica – provenientes das hidroelétricas ou termoelétricas – e a transmitem até nossas residências. Utilizamos essa energia para tomar banho, ligar os eletrodomésticos e assistir à televisão, entre outras atividades. Podemos dizer que a eletricidade é um meio pelo qual a energia é transmitida das fontes primárias de geração até as aplicações finais em nossas residências e industrias.

Fundamentos da eletricidade

Toda matéria é constituída por átomos, que são formados pelo núcleo, constituído por neutros, sem carga e prótons, com carga positiva e pelas órbitas de elétrons, com carga negativa. A Figura 1.1 ilustra a constituição de um átomo. Como os elétrons têm cargas negativas e o núcleo, carga positiva, existe uma força de atração entre esses elementos. Para que ocorra uma corrente elétrica, deve-se aplicar uma energia capaz de desprender os elétrons dos átomos.

Figura 1.1 | Modelo atômico



Fonte: iStock.

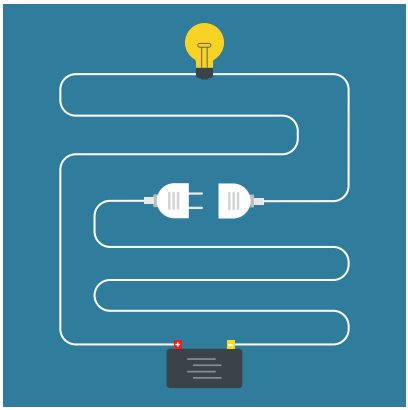
Carga elétrica e corrente elétrica

Sabemos que a corrente elétrica é constituída por elétrons livres que foram arrancados dos átomos, sendo associada a esses elétrons livres uma carga elétrica, cuja unidade é dada em Coulomb [C], e ao elétron é atribuído o valor de $1{,}6\times10^{-19}$ C .

Com o deslocamento de cargas elétricas, os elétrons geram o que conhecemos como corrente elétrica. Para gerar esse fluxo de cargas negativas, é necessário aplicarmos uma diferença de potencial (ddp) entre as extremidades do condutor, gerada pela fonte de tensão, como pilhas, baterias e tomadas. Essa energia aplicada é responsável pelo deslocamento dos elétrons e tem a unidade dada em Volts [V], nome que homenageia o desenvolvedor da bateria. Já a corrente elétrica tem sua unidade expressa em Ampere [A], termo que remete ao criador André Ampère.

Para melhor exemplificar, imagine a diferença de potencial gerada pela fonte de tensão, como uma turbina feitas de várias pás. Essas pás arrastam os elétrons de um lado para o outro do condutor, atribuindo a eles movimento e, consequentemente, gerando uma corrente elétrica. A Figura 1.2 ilustra um circuito elétrico composto pelo gerador, a pilha, os fios elétricos por onde passam os elétrons, e a carga, uma lâmpada incandescente.

Figura 1.2 | Circuito elétrico composto por uma pilha, fio e lâmpada



Fonte: iStock.

A corrente elétrica, ao circular pelos cabos e cargas elétricas, experimenta uma oposição ao seu movimento, denominada resistência elétrica. Quando o material tem baixa resistência elétrica, dizemos que ele é um condutor elétrico, como o ouro, o cobre, a platina, etc. Contudo, se o material apresenta alta resistência elétrica, dizemos que são materiais isolantes, como o algodão, a madeira e a borracha, entre outros.

Uma aplicação direta da resistência são os chuveiros ou torneiras elétricas, cujos resistores são compostos por um filamento muito fino que, ao passar uma corrente elétrica, percebe uma resistência – propriedade do material – ao seu movimento, esquentando o filamento e transferindo esse calor para a água.

Saiba mais

Em 1879, brilhou a primeira lâmpada elétrica durante 45 horas seguidas, construída pelo inventor e empresário Thomas Edson. A partir de 1880, a energia elétrica começou a ser gerada e transmitida pela *Edison Illuminating Company,* a primeira empresa de energia elétrica do mundo, que funcionava na cidade de Nova York.

THOMAS EDISON, o gênio da lâmpada. **Super Interessante**, 31 out. 2016.

Para desenvolver a primeira lâmpada incandescente, foram feitos 1.200 testes, com mais de seis mil materiais diferentes. Esse tipo de lâmpada emite muito calor, gerando altos níveis de perdas elétrica. Hoje existem as lâmpadas de LED, que transformam praticamente toda energia elétrica recebida em luz, chegando a mais de 95% de eficiência, contra 30% das lâmpadas incandescentes.

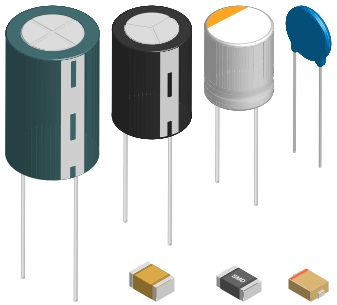
LIMA, R. F. **A História da Lâmpada Elétrica – Lâmpada Incandescente**. Boreal LED, 24 mar. 2018.

A unidade da resistência elétrica (R) é o Ohm [Ω] e depende da resistividade do material (ρ , dada em Ωm^{-1}) em que circula a corrente elétrica, do comprimento (l) em metros (m) e da área da seção (A) em m^2, como relacionado na Equação 1.1.

$$R = \rho \frac{l}{A} \quad (1.1)$$

Existem, além da resistência elétrica, a capacitância e a indutância elétrica, cada uma associada a um elemento elétrico e aplicações diferentes. Os capacitores são responsáveis pelo armazenamento de energia elétrica, e são utilizados em fontes, circuitos eletrônicos, etc. A capacitância é a unidade que mede a capacidade de armazenar energia elétrica, e sua unidade é o Farad (F). Podemos simplificar a construção de um capacitor como sendo duas placas paralelas entre um isolante. Ao aplicamos uma diferença de potencial nas extremidades, o capacitor é capaz de armazenar uma certa quantidade de energia por meio do deslocamento das cargas no isolante, criando um campo elétrico.

Figura 1.3 | Fotos de capacitores com diferentes capacitâncias

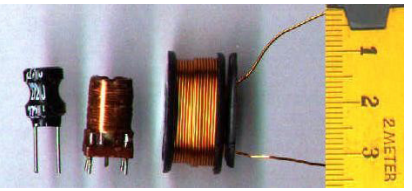


Fonte: iStock.

Já os indutores são responsáveis pela geração dos campos magnéticos em motores, transformadores, fontes, etc. Um indutor é um fio enrolado na forma de espiral, como apresentado na Figura 1.4. A unidade de medida do indutor é o Henry (H).

Tanto as resistências elétricas, como as indutâncias e capacitâncias são componentes elétricos encontrados em nossas residências em muitos equipamentos elétricos e eletrônicos. Cada um desempenha um papel fundamental no funcionamento do equipamento.

Figura 1.4 | Indutor com núcleo de ferro



Fonte: https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Inductors-photo.JPG . Acesso em: 17 set. 2018.

Lei de Ohm e associação série e paralelo

As grandezas elétricas corrente e tensão estão relacionadas por meio da Lei de Ohm, apresentada a seguir, em que I é a corrente em amperes [A]

$$V = R.I \qquad (1.2)$$

Utilizando a lei de Ohm é possível determinar como a tensão e a corrente se relacionam através da resistência elétrica. Veja o exemplo a seguir de uma aplicação simples desse conceito muito importante para o andamento do nosso estudo.

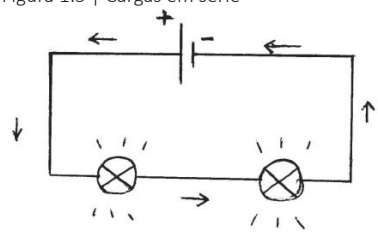
Exemplificando

Uma geladeira tem resistência de 20 (Ω) e tensão de 127 V. Calcule a corrente consumida.

$$V = R.I \Rightarrow 127 = 20.I \Rightarrow I = \frac{127}{20} = 6{,}35A$$

As cargas elétricas podem ser associadas de duas formas: em série ou paralelo. Os circuitos séries são aqueles que todas as cargas são percorridas pela mesma corrente elétrica, conforme ilustrado na Figura 1.5.

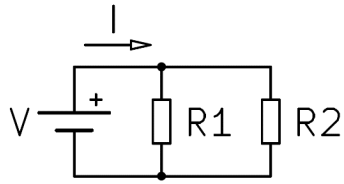
Figura 1.5 | Cargas em série



Fonte: https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Circuit_serie.jpg. Acesso em: 17 set. 2018.

Um exemplo de cargas em série são os pisca-piscas das árvores de natal, que são ligados de maneira tal que a corrente que circula por qualquer lâmpada é sempre a mesma.

Figura 1.6 | Cargas em paralelo



Fonte: https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Circuito-electrico-paralelo.png. Acesso em: 17 set. 2018.

Já os circuitos em paralelo apresentam a mesma tensão aplicada em todas as cargas. Como podemos ver, esse tipo de ligação é o ideal para uma residência, onde temos que garantir sempre a mesma tensão em todas as tomadas e lâmpadas. A Figura 1.6 ilustra um circuito paralelo com duas lâmpadas, ambas apresentando a mesma tensão da fonte.

Assimile

Cargas em série têm a mesma corrente elétrica e cargas em paralelo tem a mesma diferença de potencial aplicada.

Potência e energia elétrica

Ao realizar qualquer atividade precisamos de energia. Isso também é comum para os equipamentos elétricos: para que realizem seu trabalho, exigem energia elétrica. A unidade de medida da energia é o Joule (J), e se aplicamos essa energia por um determinado tempo em segundos, temos a grandeza elétrica Watts (W).

Todo o equipamento elétrico tem uma potência elétrica associada, medida em Watts. Essa potência (P) está associada diretamente ao produto da tensão pela corrente elétrica, conforme Equação 1.3.

$$P = V.I \quad (1.3)$$

Podemos combinar a equação da potência com a Lei de Ohm, encontrando outras maneiras de calcular a potência elétrica utilizando a resistência, tensão e corrente elétrica.

$$P = RI^2 \quad (1.4)$$

$$P = \frac{V^2}{R} \quad (1.5)$$

Exemplificando

Uma residência tem dez lâmpadas, todas ligadas na tensão de 220V, consumindo uma corrente de 0,5A cada. Calcule a potência elétrica de todas as lâmpadas ligadas ao mesmo tempo.

$$P = U.I \Rightarrow P = 10.220.0,5 \Rightarrow P = 1100W$$

No exemplo anterior das dez lâmpadas, calculamos a potência elétrica consumida ao ligá-las ao mesmo tempo. Se mantivermos a ligação por um tempo (t) de três horas seguidas, a energia consumida (E) será dada por:

$$E = P.\mathrm{t} \Rightarrow E = 1100.3 \Rightarrow E = 3,3kWh$$

Assim, o quilowatt-hora exprime o consumo de energia elétrica por hora. Essa grandeza elétrica vem apresentada na fatura de energia residencial, e somos tarifados dependendo do valor do kWh.

Assimile

Potencia elétrica é o produto da tensão pela corrente elétrica e tem como unidade o Watts.

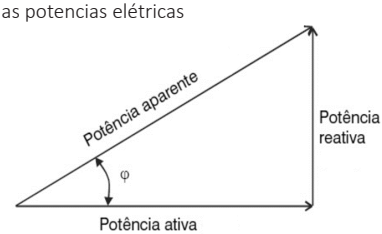
A potência em Watts está associada às resistências elétricas mas, como sabemos, os equipamentos elétricos também são feitos de capacitores e indutores. Para esses outros componentes, temos associado a potência reativa (Q) com a unidade em Volt-Ampere Reativo (VAr). Combinando essas duas potências elétricas, temos a potência aparente (S) dada em Volt-Ampere (VA). A Figura 1.7 ilustra a representação gráfica entre as relações das potências.

Podemos notar que o triângulo das potências é um triângulo retângulo, e aplicando as relações trigonométricas podemos escrever as seguintes equações:

$$S = P.\cos\theta \Rightarrow \cos\theta = \frac{S}{P} \qquad (1.6)$$

$$S = Q.\text{sen}\,\theta \Rightarrow sen\theta = \frac{S}{Q} \qquad (1.7)$$

Figura 1.7 | Triângulo com as relações entra as potencias elétricas



Fonte: https://pt.m.wikipedia.org/wiki/Ficheiro:Triangulo_de_potencia.png. Acesso em: 17 ago. 2018.

Para entendermos melhor as potências elétricas, temos que ter em mente o seguinte pensamento: a potência em Watts (P) é responsável pela realização do trabalho dos equipamentos, e a potência reativa (Q) é uma energia necessária para geração dos campos elétricos e magnéticos. O $\cos\theta$ da Equação 1.6 é conhecido como fator de potência (fp), expressando a relação entre o trabalho realizado e a energia total necessária. Quanto maior o fator de potência, mais energia elétrica está sendo convertida diretamente em trabalho. Por isso, chuveiros e churrasqueiras elétricas têm suas potências expressas apenas em Watts: esses equipamentos são compostos apenas de resistência elétrica. Já as televisões e geladeiras, entre outros, apresentam uma potência reativa associada aos indutores e capacitores e, consequentemente, o fator de potência do chuveiro é **um** e da geladeira é um valor **menor que um.**

Reflita

A ANEEL, Agencia Nacional de Energia Elétrica, exige que industrias tenham um fator de potência maior que 0,92, sendo aplicada multa caso contrário. Você consegue imaginar como o fator de potência interfere no consumo de energia elétrica?

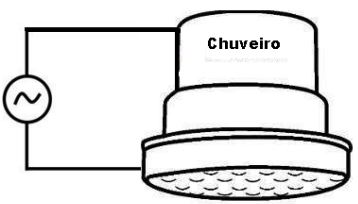
Vamos relembrar: você foi contratado como estagiário em uma empresa de projetos, e em seu primeiro dia lhe foram apresentados os projetos em andamentos, quando seu coordenador sugere que você inicie o aprendizado por um projeto elétrico residencial. Em sua primeira atividade é lhe pedido para conferir a lista de potência da residência. Ao analisar a Tabela 1.1, você encontrou duas cargas elétricas, dois chuveiros, com potências nominais iguais, 5500 W ou 5,5 kW. Ambas apresentam valores distintos de corrente elétrica, uma com $43{,}3A$ e o outro com 25A. Como é possível que cargas elétricas com a mesma potência apresentem correntes diferentes? Há algo errado com a lista de potência?

Como apresentamos nessa seção, é possível calcular a tensão de alimentação dos equipamentos elétricos utilizando a equação para o cálculo de P:

$$P = V.I \Rightarrow V = \frac{5500}{43{,}3} = 127\ V$$

$$P = V.I \Rightarrow V = \frac{5500}{25} = 220V$$

Figura 1.8 | Representação do chuveiro elétrico ligado a fonte de alimentação



Fonte: elaborada pelo autor.

Vemos que o primeiro chuveiro com corrente de 43,3 A está ligado a uma tensão de 127V, enquanto o chuveiro de 25 A está em uma tensão de 220V. Você já ouviu falar que chuveiros ligados em 220V economizam energia elétrica? Então, como vimos nos cálculos efetuados, ambos apresentam o mesmo valor de potência consumida, assim, ambos irão gastar a mesma quantidade de energia por hora, não havendo diferença na cobrança pela concessionária elétrica.

Por fim, podemos afirmar que a lista de cargas está correta em todos os seus aspectos, podendo segui-la nos próximos passos da elaboração do projeto elétrico. Os chuveiros são componentes elétricos que consomem apenas potência ativa; isso caracteriza um comportamento resistivo da carga. Valendo-nos das equações elétricas, fomos capazes de verificar que ambos os chuveiros apresentam corretamente o valor de corrente elétrica, variando apenas a tensão de alimentação, e ainda podemos afirmar que consumo de energia elétrica independe da tensão

de alimentação, sendo dependente apenas do valor da potência elétrica da carga em questão.

Avançando na prática

Cálculo de consumo de energia elétrica

Descrição da situação-problema

Ainda falando do projeto residencial para o qual você foi designado: durante sua elaboração, o cliente marcou uma reunião para discutir alguns pontos importantes, entre eles a despesa com energia elétrica que a residência gerará após a entrega da obra. Para esse cálculo você pede algumas Informações para ao cliente, como número pessoas da casa, tempo de utilização de alguns equipamentos e prováveis equipamentos elétricos. Com base nessas informações, você explica que é possível fazer uma estimativa do consumo de energia e do provável valor da conta de energia elétrica.

Com base nessas informações e sabendo que na região do cliente o kWh custa R$0,15, de acordo com o site da concessionária, é possível estimar o valor da conta de energia elétrica.

Tabela 1.2 | Lista de cargas

Carga	Potência (W)	Tempo de uso diário (h)
Iluminação	2000	6
Tomadas de uso geral	6000	5
Chuveiro	5000	1
Ar condicionado	2200	4

Fonte: elaborada pelo autor.

Resolução da situação-problema

Para calcularmos o consumo mensal da residência, é necessário transformar os valores de potência em kWh. Multiplica-se cada valor por 30 dias para ter o consumo mensal, e então pela tarifa de 0,15 centavos. Depois, soma-se os valores para obter o valor da conta de energia.

Tabela 1.3 | Cálculos de consumo mensal

Carga	Potência(kWh)	kWh/mês	Valor(R$)
Iluminação	12	360	54,00
Tomadas de uso geral	30	900	135,00

Carga	Potência(kWh)	kWh/mês	Valor(R$)
Chuveiro	5	150	22,50
Ar condicionado	8,8	264	39,60

Fonte: elaborada pelo autor.

Valor estimado da conta de energia elétrica: R$ 251,10.

Faça valer a pena

1. Toda matéria, orgânica ou inorgânica, é constituída de átomos. Esses, por sua vez, são formados de nêutrons, prótons e elétrons. Os nêutrons e prótons se localizam no núcleo do átomo, e os elétrons ficam nas orbitais, se movimentando ao redor do núcleo.

Qual a carga elétrica dos prótons e dos elétrons?

a) Negativa e positiva.
b) Neutra e positiva.
c) Neutro e negativa.
d) Positiva e negativa.
e) Positiva e neutra.

2. Muitas casas apresentam um motor elétrico para o acionamento do portão de forma automatizada. Esse motor deve ser ligado a uma tensão de alimentação de 220V, e em sua placa de informações, localizado em sua carcaça, está descrito um consumo de 5A.

Qual a potência consumida pelo motor?

a) 2200W.
b) 1100W.
c) 550W.
d) 44W.
e) 346W.

3. Chuveiros elétricos são um equipamento elétrico muito comum nas residências brasileiras. Uma pesquisa mostra que geralmente eles passam uma hora por dia ligados. Suponha que um chuveiro tenha uma potência nominal de 5500 W e que o custo do kWh é de R$ 0,30.

Calcule o valor do consumo do chuveiro em um mês de 30 dias.

a) R$ 49,5.
b) R$ 75,3.
c) R$ 22,8.
d) R$ 12,9.
e) R$ 97,5.

Seção 1.2

O projeto de instalações elétricas de baixa tensão

Diálogo aberto

Na seção anterior estudamos os conceitos básicos de eletricidade, como as grandezas elétricas de tensão, corrente e potência elétrica se relacionam, vimos como utilizar a lei de Ohm e a lei da potência e também discutimos a respeito das potências ativas e reativas consumidas pelos equipamentos elétricos. Nesta seção vamos estudar os documentos que compõem um projeto elétrico de baixa tensão, como diagrama elétrico, lista de potência, diagrama do quadro de distribuição, entre outros. Conheceremos a norma brasileira reguladora para elaboração de projetos elétricos de baixa tensão, que deve ser seguida para criar todo projeto elétrico de baixa tensão no território brasileiro, denominada NBR 5410 (Instalações elétricas em baixa tensão). Além disso, devem ser seguidas as seguintes normas: NBR 5419 (Proteção contra descargas atmosféricas), NBR 5413 (Iluminação de interiores) e as normas apresentadas pela concessionária local da realização da obra. Também serão apresentados os componentes básicos que compõem uma instalação elétrica e as etapas e procedimentos que devem ser seguidos para a elaboração de um projeto elétrico.

Para contextualizar nosso estudo, vamos relembrar o contexto em que você foi contratado como estagiário em uma empresa de grande porte que desenvolve projetos elétricos residenciais e industriais. Em seu primeiro dia de trabalho, você foi alocado em um projeto residencial para auxiliar em seu desenvolvimento. A fim de testar seus conhecimentos, seu coordenador pediu que você fizesse uma apresentação para alguns colaboradores da empresa sobre as principais etapas na elaboração de um projeto elétrico residencial de baixa tensão. Você sabe quais são os primeiros passos para começar um projeto elétrico? Quais são as informações necessárias seu o desenvolvimento?

A seguir, abordaremos os principais conceitos para que você consiga realizar esta tarefa de maneira exemplar e com o êxito necessário. Para isso, sua dedicação e atenção às atividades propostas serão fundamentais. Bons estudos!

Não pode faltar

Olhando dentro de sua residência, é possível ver diversos equipamentos elétricos ligados às tomadas, que estão consumindo um valor de energia. Você sabe qual é a potência elétrica desses equipamentos? Se já teve que comprar uma TV ou resistência elétrica para um chuveiro, é bem possível que o vendedor tenha lhe

perguntado a tensão de alimentação desse equipamento e a potência elétrica. Essas informações são fundamentais para a elaboração de um projeto elétrico residencial. Outro ponto a destacar é que cada cômodo em uma residência tem uma utilidade, como escritórios, cozinha e banheiro, informação que também deve ser mensurada para distribuição das cargas e da iluminação. Quanto maior o número de dados o projetista obtiver, mais confiável e adequado o projeto se tornará para o cliente.

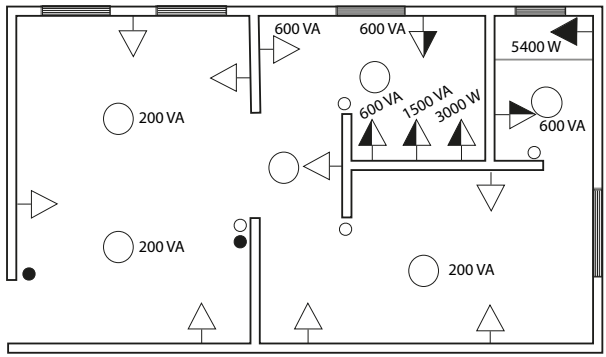
As instalações elétricas são um conjunto de equipamentos e componentes interligados entre si, com o objetivo de fornecer luz, calor, movimento e sinais. A energia elétrica é transportada pelos condutores elétricos até os equipamentos, como computadores, geladeiras, ar condicionado, etc. Todo projeto elétrico de baixa tensão é composto por alguns documentos essenciais para sua execução, entre eles: diagramas elétricos, listas de potência, diagramas dos quadros de distribuição, memoriais de cálculos, listas de materiais e a Anotação de Responsabilidade Técnica (ART). Vamos discutir e apresentar cada um desses documentos e, no decorrer, do curso estudaremos como elaborá-los.

O **diagrama elétrico** é comumente conhecido como planta elétrica, cujo tipo de desenho você já deve ter visto em algum lugar. A Figura 1.9 ilustra um diagrama elétrico residencial, em que é possível ver as tomadas, os interruptores e os pontos de iluminação. Não se preocupe em identificar os componentes citados, nas próximas seções vamos trabalhar cada símbolo separadamente.

Faça você mesmo

Na Figura 1.9 temos um diagrama elétrico de uma residência, em que é possível visualizar as tomadas, os interruptores e as luminárias. Pesquise os símbolos dos componentes elétricos apresentados no diagrama.

Figura 1.9 | Digrama elétrico residencial



Fonte: Lima Filho (2011, p. 63).

A **lista de potência** é um arquivo contendo as dimensões dos cômodos, áreas e perímetros, a carga de iluminação, a carga das tomadas de uso geral e específico, bem como o agrupamento das cargas em circuitos terminais, além de ser possível apresentar os disjuntores e os condutores.

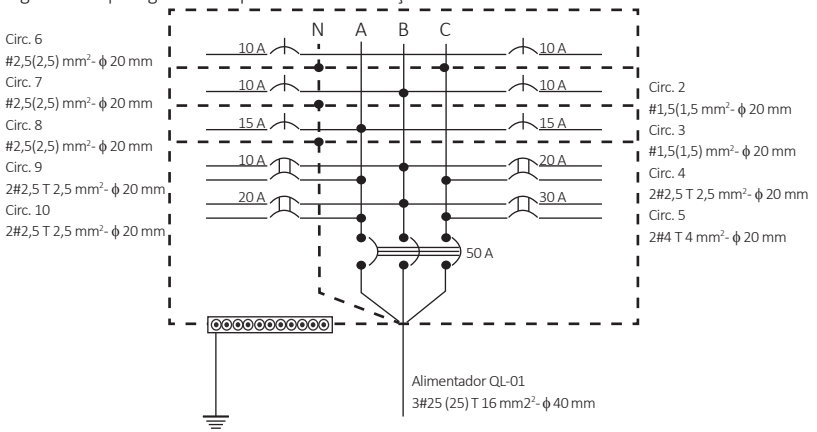
Todas as cargas devem estar previstas nessa lista, com uma atenção especial para as específicas, que apresentam alto valor de potência, como chuveiros, micro-ondas, churrasqueiras elétricas, entre outros.

Reflita

O dimensionamento correto das cargas a serem utilizadas em um projeto elétrico impactam diretamente no custo e na segurança da instalação elétrica. Imagine se o cliente/proprietário conectar um equipamento de potência elevada na instalação, que não está previsto na lista de cargas. Quais problemas essa conexão pode acarretar?

Outro documento é o **diagrama do quadro de distribuição**, que apresenta onde cada carga está ligada, pois em uma eventual necessidade de manutenção ou problema elétrico é possível identificar qual circuito elétrico deve ser desligado. A Figura 1.10 ilustra um quadro de distribuição composto por circuitos monopolares e bipolares, alimentados por um circuito trifásico com condutores de 25 mm² e um disjuntor de proteção geral de 50 A. No decorrer do curso, vamos estudar como elaborar esse diagrama e dimensionar cada componente apresentado. Importante destacar que o diagrama do quadro de distribuição deve ficar dentro do quadro de distribuição para fácil acesso em caso de manutenção ou emergência.

Figura 1.10 | Diagrama do quadro de distribuição



Fonte: Lima Filho (2011, p. 92).

O **memorial de cálculo** é responsável por apresentar todos os cálculos necessários para a elaboração do projeto elétrico, dentre os quais podemos citar: o dimensionamento dos eletrodutos, do padrão de entrada, das cargas, dos dispositivos de proteção e dos condutores elétricos. É muito importante documentar todos os cálculos e dimensionamentos para que não ocorram erros, tanto por parte do projetista como pelas informações adquiridas através do cliente.

A **lista de materiais** é o documento em que constam todos os materiais necessários para realizar a instalação elétrica na residência. Esse documento é opcional, sendo sua elaboração acordada entre o cliente e a empresa na hora da contratação do projeto.

Exemplificando

A lista de materiais é elaborada conforme o projeto elétrico e deve conter os materiais a serem utilizados na instalação elétrica. Usando o diagrama elétrico da Figura 1.9, determine quantas tomadas e interruptores simples serão necessários para a realização da obra.

Resposta:

Com base no diagrama elétrico apresentado na Figura 1.9, foi possível elaborar a lista de materiais apresentada na tabela abaixo.

Tabela 1.4 | Lista de materiais

Material Elétrico	Quantidade
Tomada 127 V	15
Interruptores Paralelos	2
Interruptor Simples	4

Fonte: elaborada pelo autor.

Por fim, mas não menos importante, temos a ART:

> Instituída pela **Lei nº 6.496/77**, a ART – Anotação de Responsabilidade Técnica caracteriza legalmente os direitos e obrigações entre profissionais do Sistema Confea/Crea e contratantes de seus serviços técnicos, além de determinar a responsabilidade profissional. (CREA-SP, 2018)

Saiba mais

A ART é um documento muito importante para regulamentação das profissões no Brasil. Para se informar melhor sobre os direitos e deveres

do profissional, consulte o site do CREA-SP. Disponível em: http://www.creasp.org.br/perguntas-frequentes/art. Acesso em: 26 out. 2018.

Esse documento gerado pelo órgão responsável pela sua profissão regulamentadora tem como intuito legalizar seus direitos e deveres legais perante o projeto elétrico. Por isso, é muito importante que todos os projetos sejam feitos conforme a norma vigente e que todos os cálculos estejam corretos.

Visão geral da NBR 5410

A NBR 5410 (Instalações elétricas em baixa tensão) é a norma brasileira que estabelece as condições mínimas para o perfeito funcionamento de uma instalação elétrica, garantindo a segurança das pessoas, dos animais e dos bens presentes. Quando falamos de instalações em baixa tensão, estamos restringindo a tensão de alimentação a valores abaixo de 1000 V em corrente alternada, com frequência inferior a 400 Hz, ou a valores inferiores a 1500 V em corrente contínua.

Vale destacar que essa norma é vigente tanto para instalações prediais, como para industriais, sendo seu uso limitado em alguns casos, como iluminação pública, instalação de minas, cercas elétricas, redes públicas de distribuição de energia, etc.

Existem outras normas que complementam a NBR 5410, entre elas a NBR 5419, que trata de sistema de proteção contra descargas atmosféricas, a NBR 13534, que normaliza instalações em estabelecimentos assistenciais de saúde e a NBR 5418, sobre instalações elétricas em atmosferas explosivas.

Deste modo, a NBR 5410 apresenta um texto técnico que explica e impõe normativas e diretrizes que regem as instalações de baixa tensão. Quando bem aplicada, pode-se melhorar a manutenção preventiva e os custos subsequentes. Além disso, a NBR 5410 também atua em instalações provisórias, como canteiros de obras, feiras e exposições.

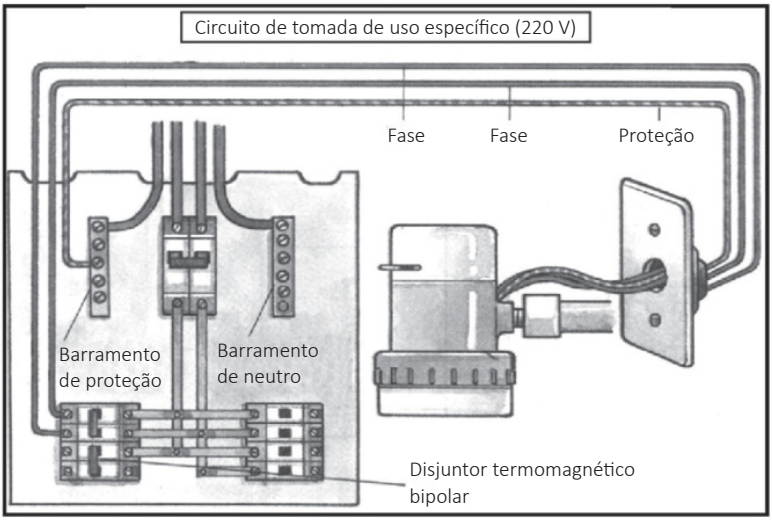
Componentes básicos de uma instalação elétrica

Toda instalação elétrica tem alguns componentes básicos para dimensionar e utilizar, que vamos apresentar para que você possa ter o primeiro contato e começar a se familiarizar.

Os interruptores são elementos de acionamento elétrico, e é através deles que podemos ligar e desligar a iluminação residencial. Os interruptores podem ser do tipo simples, paralelo ou misto, dependendo do número de pontos de acionamento desejado.

As tomadas são utilizadas para fornecer energia aos equipamentos elétricos e podem ter tensão nominal de 220 V ou 127 V. A Figura 1.11 ilustra uma tomada de 220 V formada por duas fases e um terra, que será utilizada para a ligação de um chuveiro. Essas tomadas devem ser previstas na instalação, de acordo com as necessidades do cliente, dependendo do tipo de equipamento que será ligado na rede da residência e da finalidade do cômodo.

Figura 1.11 | Tomada de 220 V aplicada à ligação de um chuveiro



Fonte: Lima Filho (2011, p. 71).

As lâmpadas utilizadas nas residências podem ser do tipo fluorescente ou do tipo led, pois ambas apresentam alta eficiência energética comparada com as lâmpadas incandescentes, chegando a 85% e 94%, respectivamente. A Figura 1.9 ilustra esses três tipos de lâmpadas.

Figura 1.12 | Lâmpada incandescente, fluorescente e led

Fonte: https://catracalivre.com.br/economize/incandescente-halogena-fluorescente-ou-led-saiba-qual-e-a-melhor-opcao-de-lampada-para-economizar-energia/. Acesso em: 29 out. 2018.

Os condutores elétricos são os meios responsáveis pelo transporte de energia elétrica pela residência, feitos de cobre ou alumínio com uma camada de isolação ao seu redor para evitar os choques elétricos. Os cabos são identificados em uma instalação elétrica pela cor da isolação, sendo comum a cor

vermelha e/ou preta para as fases, azul para o neutro e verde para terra. Esses apresentam uma seção transversal medida em mm^2.

Os eletrodutos e as caixas de passagem são responsáveis pela infraestrutura residencial, todos os condutores são lançados em seu interior para proteção mecânica e as caixas de passagem servem como conexão e derivação dos eletrodutos.

Assimile

Toda infraestrutura de uma instalação elétrica é feita em conjunto com a obra civil, por isso, é necessário uma integração entre o projeto elétrico e o civil, para evitar que os eletrodutos e as caixas de passagem sejam alocadas em lugares de difícil acesso ou impossíveis de serem instalados.

Etapas de um projeto elétrico

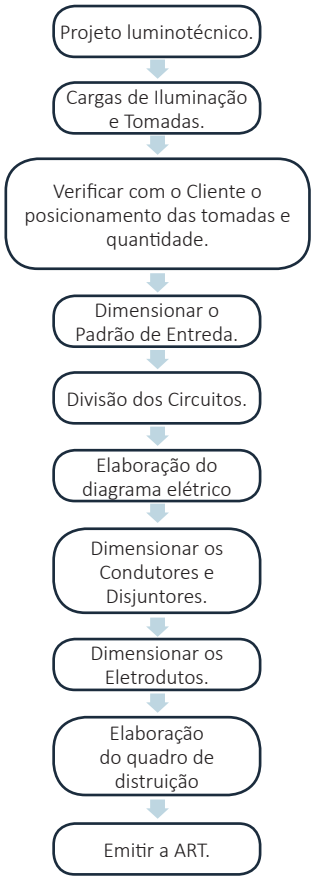
Para a confecção de um projeto elétrico, inicialmente é necessário ter em mãos uma planta baixa residencial, feita por um engenheiro civil ou arquiteto, que será utilizada para alocar os componentes elétricos apresentados na Figura 1.9.

Pode-se desenvolver um projeto elétrico seguindo as seguintes etapas: pontos e cargas de iluminação, interruptores e tomadas, padrão de entrada, divisão dos circuitos, condutores elétricos, proteção elétrica, eletrodutos e quadro de distribuição. Para visualizar melhor as etapas do desenvolvimento de um projeto elétrico, a Figura 1.13 ilustra um fluxograma com as etapas a serem seguidas.

Cada etapa apresentada no fluxograma será abordada durante nosso curso. Temos que ter em mente que é possível a mudança na ordem de algumas durante a execução do projeto. Vamos repassar brevemente cada fase do fluxograma para entendê-lo melhor.

A primeira etapa do projeto é a luminotécnica, que consiste em determinar a quantidade de pontos de luz em cada cômodo, seguido pelo dimensionamento das cargas de iluminação e tomadas. Para validar essas informações, é essencial uma reunião com o responsável do projeto civil ou com o cliente, para evitar retrabalho na quantidade e no posicionamento delas. Após determinar todas as cargas do projeto, é possível dimensionar o padrão de entrada da residência (monofásico, bifásico ou trifásico), determinar a seção dos cabos e a capacidade dos disjuntores que serão utilizados, bem como toda a infraestrutura necessária para o lançamento dos cabos, os eletrodutos e caixas de passagem. Por fim, é feito o diagrama elétrico do quadro de distribuição e a emissão da Anotação de Responsabilidade Técnica.

Figura 1.13 | Fluxograma para elaboração de um projeto elétrico



Fonte: elaborada pelo autor.

Sem medo de errar

Como foi apresentado, você começou um programa de estágio em uma empresa de projetos elétricos, e seu coordenador o alocou no projeto residencial em andamento para ajudá-lo a elaborar os documentos referentes que devem ser entregues ao cliente.

Para testar seus conhecimentos, ele solicitou que você apresentasse as etapas de elaboração de um projeto elétrico. Essa apresentação deve ser feita para alguns colegas de trabalho, a fim de instruí-los e para que você se apresente para a empresa. Para responder a essa pergunta, vamos tomar como base o fluxograma apresentando na Figura 1.13.

Sabemos que, para iniciar um projeto elétrico, é necessária a planta baixa residencial, é através dela que poderemos iniciar o projeto luminotécnico e dimensionar as cargas de iluminação e de tomadas. Nesse ponto é fundamental que o cliente especifique quais equipamentos ele pretende conectar à rede elétrica para que não ocorra discordância entre seu projeto e as expectativas do cliente. Com base nessa informação, é possível dimensionar o padrão de entrada residencial, equipamento responsável pelo monitoramento do consumo de energia elétrica residencial.

Após essa etapa, começamos a divisão dos circuitos terminais e a elaboração do diagrama elétrico, em que consta a posição das tomadas, interruptores e da iluminação. Em seguida, iniciamos o dimensionamento dos condutores e disjuntores, etapa muito importante para segurança de toda a instalação elétrica, devendo ser feita de forma a seguir sempre a NBR 5410. Por fim, elaboramos o diagrama do painel elétrico e emitimos a ART.

Avançando na prática

Especificação técnica dos materiais

Descrição da situação-problema

Sua empresa foi chamada para participar de uma concorrência para licitação de uma obra. Para ganhar a realização da construção, as três empresas concorrentes devem especificar o preço da obra, levando em conta os materiais e a mão de obra, com base no projeto entregue anteriormente. Você foi alocado para separar a lista de matérias da obra civil e materiais elétricos, para facilitar a precificação. Abaixo segue a primeira parte da lista de matérias. Você pode destacar quais componentes fazem parte do projeto elétrico e quais suas funções da instalação elétrica?

Tabela 1.5 | Lista de materiais de obra

Cabo singelo 1,5mm x 100m
Cabo singelo 2,5mm x 100m
Cabo singelo 4,0 mm x 100m
Torneiras
Eletroduto flexível em PVC 1” x 25m
Eletroduto flexível em PVC 3/4” x 50m
Saco de cimento
Caixa Octogonal Fundo MóvelTigreflexAmarela

Conjunto 2 Tomada 2P+T 10A com Placa NBR14136
Conjunto Tomada 2P+T 10A com Placa NBR14136
Tijolos
Interruptor Simples com Placa 2”x4” Branca, Borne a Parafuso
Luminária de Led Tl Slim 20W 120CM Luz Branca Fria AutoVolt
Luminária de Led Tl Slim 40W 120CM Luz Branca Fria AutoVolt
Disjuntor 10 A
Disjuntor 16 A
Disjuntor 25 A
Disjuntor 40 A
Caixa d’água
Ducha Smart Eletrônica Branca 220V 7500W
Conjunto 2”x4” 1 Interruptor Simples + Tomada Tramontina
Porcelanato – Piso frio

Fonte: elaborada pelo autor.

Resolução da situação-problema

Os cabos elétricos são componentes fundamentais de uma instalação elétrica, através dos quais a energia elétrica é transportada do quadro de distribuição até os equipamentos. Em seguida, temos os eletrodutos e a caixas de passagem para compor a infraestrutura da obra. Seguimos com os interruptores, tomadas e luminárias, os componentes mais visíveis na instalação. Por fim, temos os disjuntores de proteção e um chuveiro de 220 V. A Tabela 1.6 apresenta os materiais elétricos, e a Tabela 1.7, os materiais para a obra civil.

Tabela 1.6 | Lista de materiais elétricos

Cabo singelo 1,5mm x 100m
Cabo singelo 2,5mm x 100m
Cabo singelo 4,0 mm x 100m
Eletroduto flexível em PVC 1” x 25m
Eletroduto flexível em PVC 3/4” x 50m
Caixa Octogonal Fundo MóvelTigreflexAmarela
Conjunto 2 Tomada 2P+T 10A com Placa NBR14136
Conjunto Tomada 2P+T 10A com Placa NBR14136
Interruptor Simples com Placa 2”x4” Branca, Borne a Parafuso
Luminária de Led Tl Slim 20W 120CM Luz Branca Fria AutoVolt
Luminária de Led Tl Slim 40W 120CM Luz Branca Fria AutoVolt

Disjuntor 10 A
Disjuntor 16 A
Disjuntor 25 A
Disjuntor 40 A
Ducha Smart Eletrônica Branca 220V 7500W
Conjunto 2”x4” 1 Interruptor Simples + Tomada Tramontina

Fonte: elaborada pelo autor.

Tabela 1.7 | Lista de materiais para a obra civil

Torneiras
Saco de cimento
Tijolos
Caixa d’água
Porcelanato – Piso frio

Fonte: elaborada pelo autor.

Essas listas devem ser enviadas para o responsável do orçamento a fim de precificar os materiais para fomentar o valor do lance da concorrência. Com essa atividade, você foi capaz de separar os componentes elétricos dos componentes da obra civil, realizando com eficiência e precisão a demanda requerida.

Faça valer a pena

1. Todo projeto deve ser feito conforme a norma reguladora, e o não cumprimento o torna incorreto. Sendo assim, todo projeto elétrico de baixa tensão deve ser elaborado conforme a norma específica de sua atuação.

Qual norma brasileira regulamenta instalações elétricas de baixa tensão?

a) NBR 5419.
b) NBR 5518.
c) NBR 1798.
d) NBR 8995.
e) NBR 5410.

2. Todo projeto elétrico ou obra elétrica contempla uma série de documentos elaborados pelo projetista responsável, que devem seguir a norma reguladora e as especificações do cliente, para que todo o projeto seja entregue de forma correta.

Assinale o documento que atribui responsabilidade para o projetista.

a) Laudo técnico.
b) Diagrama elétrico.
c) Contrato técnico.
d) Anotação de Responsabilidade Técnica
e) Nenhuma alternativa anterior.

3. A NBR 5410 é a norma brasileira que rege as instalações elétricas de baixa tensão em todo território nacional. Mesmo assim, suas orientações não abrangem todo tipo de instalação elétrica, sendo necessário seguir outras normas brasileiras em casos excludentes da norma.

Entre as instalações elétricas abaixo, assinale a que está fora do escopo da NBR 5410.

a) Canteiros de obras.
b) Indústrias.
c) Redes de iluminação pública.
d) Prédios.
e) Redes subterrâneas.

Seção 1.3

Projeto luminotécnico

Diálogo aberto

Bem-vindo à última seção de nossa unidade, o projeto luminotécnico. A iluminação é um dos fatores mais importantes em um projeto elétrico, tendo sua elaboração impactos diretos nos trabalhos que serão desenvolvidos no ambiente desejado. Você já prestou atenção na iluminação de um supermercado? Percebeu como ela está preparada de forma diferente para cada setor? Por exemplo, a área das frutas e verduras tem uma iluminação diferente da área dos vinhos. Estudos comprovam que a iluminação tem impactos diretos na produtividade do trabalho, sendo necessário ajustá-la conforme as necessidades do ambiente. Imagine uma sala de cirurgia. Qual é a importância da distinção de cores para os médicos em um procedimento cirúrgico?

A iluminação está associada ao conforto, à segurança e ao desempenho das pessoas em todos os ambientes, então, a elaboração de um projeto de iluminação correto é muito importante.

Sendo assim, vamos retomar a situação em que você trabalha como estagiário em uma empresa que recentemente foi contratada pela prefeitura para elaborar o projeto elétrico de um condomínio de casas. O projeto está em desenvolvimento e, para inspecionar se o dimensionamento da iluminação foi feito de forma correta e seguindo as normas, seu coordenador pediu que você verificasse e apresentasse um parecer ao final. Para criar um projeto luminotécnico, são necessárias várias informações, como dimensões dos cômodos, refletância das paredes, do teto e do piso, função do local, periodicidade de limpeza, entre outros.

O primeiro cômodo para a verificação foi a cozinha, que apresenta dimensões de 8 metros de largura por 6 metros de comprimento e 2,8 metros de altura, conforme consta no projeto civil enviando pelo ciente, com as paredes, os tetos e o piso apresentando as seguintes refletâncias: 30%, 70% e 10%, respectivamente, valores atribuídos à cor e ao material utilizado nas paredes, no teto e no piso da cozinha, informações também enviadas pelo cliente. O casal que vai viver nessa residência tem 35 anos de idade. Para a elaboração completa do projeto luminotécnico serão necessárias outras informações, como o tipo de lâmpada que será instalada nessa residência.

Ao longo dessa seção, vamos trabalhar os conceitos de iluminação, tipos de lâmpadas, índices de cores, potência, fluxo luminoso, etc. Apresentaremos a norma vigente que descreve os requisitos mínimos para elaboração de uma

iluminação residencial e como elaborar um projeto luminotécnico residencial pelo método dos lúmens.

Não pode faltar

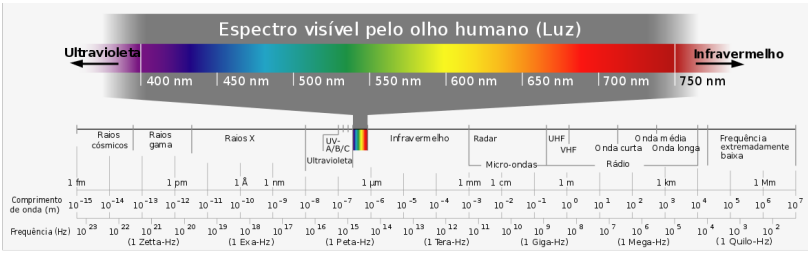
A lâmpada foi uma das tecnologias mais benéficas nos últimos 100 anos, melhorando o ambiente residencial e industrial e possibilitando atividades inviáveis antes de seu surgimento. Uma boa iluminação pode apresentar os seguintes benefícios:

- Elevação do rendimento do trabalho.
- Diminuição dos erros e acidentes.
- Maior conforto, bem-estar e segurança.
- Proteção para a vista.
- Influências positivas sobre o sistema nervoso autônomo.

Os estabelecimentos comerciais e industriais vêm cada vez mais aproveitando de uma boa iluminação, tanto para melhorar o ambiente para o cliente como para diminuir acidentes e erros. Nas residências, sua aplicação é mais focada no conforto das pessoas.

Ao acender uma lâmpada, a energia elétrica é transformada em energia luminosa. A luz emitida apresenta vários comprimentos de ondas, como infravermelho, ultravioleta e luz visível, além de ser uma onda eletromagnética e apresentar comportamento diferente, dependendo do comprimento de onda. No caso da luz visível, temos o comprimento de onda entre 370 nm e 750nm, com violeta e vermelho, respectivamente, como ilustra a Figura 1.14.

Figura 1.14 | Comprimento e denominação da onda eletromagnética



Fonte: https://pt.wikipedia.org/wiki/Espectro_visível#/media/File:Electromagnetic_spectrum_-pt.svg. Acesso em: 13 nov. 2018.

Cada faixa do espectro da onda eletromagnética tem uma aplicação diferente, por exemplo, temos os raios-X para exames médicos, a luz

ultravioleta para matar vírus e bactérias e as ondas de rádios para transmitir informações.

Para identificarmos a cor em um objeto, é necessária uma interação entre a luz emitida pela fonte e a luz detectada em nossos olhos. Quando vemos um objeto azul, significa que a fonte emitiu diversas cores entre ela o azul, mas todas foram absorvidas pelo objeto sendo apenas a cor azul refletida para nossos olhos. Assim, para que possamos distinguir a cor dos objetos, é preciso que nossa fonte de luz emita diversas cores diferentes.

Tipos de lâmpadas

Atualmente, existem diversos tipos de lâmpadas elétricas para iluminação residencial, entre elas as incandescentes, as fluorescentes, as com diodos emissores de luz (LED), as halógenas, etc.

Saiba mais

Existem outros tipos de lâmpadas, entre elas as compactas, as de neon, as de fibra ópticas, etc., cada uma apresentando vantagens e desvantagens. Consulte o site abaixo para ver mais tipos.

VOITILLE, N. **Tipos de lâmpadas**. Clique Arquitetura, publicado em 18 jun. 2012, atualizado em 18 jul. 2018.

As lâmpadas incandescentes surgiram primeiro, devido à sua simplicidade. Basicamente, elas são compostas por um filamento que emite luz e calor na passagem da corrente elétrica, além de ter baixa eficiência luminosa por causa da grande quantidade de energia transformada em calor. Sua principal característica é a presença da cor amarelada, que causa uma sensação de aconchego e apresenta uma ótima reprodução de cores.

As lâmpadas halógenas apresentam uma vida útil maior que as incandescentes e o mesmo índice de reprodução de cores, e sua eficiência varia de 20 a 60%. Esse tipo de lâmpada funciona de maneira parecida com as lâmpadas incandescentes: apresenta eu seu interior um gás halogêneo e é muito utilizada em pontos de iluminação, devido ao controle do ângulo. Além disso, seu tamanho menor é usado em luminárias.

As lâmpadas fluorescentes apresentam uma eficiência maior que as incandescentes e ainda transformam a energia elétrica em um pouco de calor, principalmente nos componentes como reatores elétricos, necessários

para seu funcionamento. As lâmpadas fluorescentes emitem luz através da energização de um gás em seu interior. Elas não apresentam boa reprodução de cores igual às incandescentes e podem emitir luz nas cores amarela, azul ou branca. São indicadas para iluminação geral de ambientes residenciais e comerciais e também podem ser utilizadas para decoração, devido ao seu tamanho reduzido. Além disso, vários modelos podem se adequar a diferentes situações.

Figura 1.15 | Lâmpada incandescente e fluorescente

Fonte: https://commons.wikimedia.org/wiki/File:L%C3%A2mpadas.jpg. Acesso em: 8 nov. 2018.

As lâmpadas feitas com LEDs (emissão de luz por diodo) são consideradas as mais modernas atualmente, cuja eficiência chega a mais de 95%, devido à pouca geração de calor. Entre suas vantagens estão a longa vida útil e a alta eficiência. Esse tipo de lâmpada também apresenta uma ótima reprodução de cores e diferentes tonalidades, além de serem muito utilizadas nos projetos de iluminação, por permitirem a elaboração de efeitos de realce e de destaque de objetos, cômodos, decorações, entre outros.

As lâmpadas elétricas têm seu fluxo luminoso medido em lúmens (lm). Quando maior o fluxo luminoso maior a quantidade de luz que a lâmpada emite. Outro parâmetro importante é a potência elétrica que também está relacionada com sua capacidade de emissão de luz. Como podemos observar na Tabela 1.8, as lâmpadas de LED emitem o mesmo fluxo luminoso que uma lâmpada incandescente com uma potência muito menor.

Tabela 1.8 | Comparação entre lâmpada incandescente e LED

LÚMENS	INCÂNDESCENTE	LED
2600 lm	150 W	25-28 W
1600 lm	100 W	16-20 W
1100 lm	75 W	9-13
800 lm	60 W	8-12

Fonte: elaborada pelo autor.

NBR 5413 – Iluminância de interiores

A NBR 5413 é uma norma da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT), como a NBR 5410, vista na seção anterior, cujo objetivo é especificar valores mínimos de iluminância em ambientes internos em que se realizam diversas atividades. A iluminância é uma grandeza de luminosidade que

mede a quantidade de luz em uma superfície e sua unidade é o lux. A Tabela 1.9 apresenta os valores de iluminância de acordo com a classe de trabalho visual e o tipo de atividade.

Outra norma importante para a iluminação é a ABNT NBT ISSO/CIE 8995-1:2013, que regulamenta a iluminação em ambientes de trabalho, como indústrias, subestações, centrais de controle e medição, etc.

Reflita

O projeto luminotécnico é muito importante para hospitais, salas comerciais e indústrias de diversas áreas. Seu correto dimensionamento e elaboração impactam diretamente nos riscos e nas precisões das atividades desenvolvidas na área.

Imagine a instalação elétrica de uma sala de inspeção de cores de uma indústria de tecidos sem uma iluminação adequada. Quais prejuízos isso poderia acarretar?

Tabela 1.9 | Iluminância por classe de tarefa de acordo com a NBR 5413

Iluminância por classe de tarefa visual		
Classe	**Iluminância**	**Tipo de atividade**
A - Iluminação geral para área usadas ininterruptamente ou com tarefas visuais simples.	20-30-50	Áreas públicas com arredores escuros.
	50-75-100	Orientação simpls para permanência curta.
	100-150-200	Recintos não usados para trabalhos contínuos: depósitos
	200-300-500	Tarefas com requisitos visuais limitados trabalho bruto de maquinário, auditórios.
B - Iluminação geral para área de trabalho	500-750-1000	Tarefas com requisitos visuais normais, trabalho média de maquinário, auditórios.
	1000-1500-2000	Tarefas com requisitos visuais especiais, gravação manual, inspeção, indústria de roupas.
C - Iluminação adicional para tarefas visuais difíceis.	2000-3000-5000	Tarefas visuais extas e prolongadas, eletrônica de tamanho pequeno.
	5000-7500-10000	Tarefas visuais muito exatas, montagem de microeletrônicos.
	10000-15000-20000	Tarefas visuais muitro especiais, cirurgia.

Fonte: NBR 5413 (2004, p. 2).

A norma também prevê um fator de idade, velocidade e refletância do fundo da tarefa, apresentada na Tabela 1.10.

Tabela 1.10 | Fatores de determinação de iluminação adequada de acordo com a NBR 5413

Fatores determinantes da iluminação adequada			
Características de tarefas e do observador	**Peso**		
	-1	**0**	**1**
Idade	Inferior a 40 anos	40 a 55 anos	Superior a 55 anos
Velocidade e precisão	Sem importância	Importante	Crítica
Refletância do fundo da tarefa	Superior a 70%	30 a 70%	Inferior a 30%

Fonte: NBR 5413 (2004, p. 2).

A NBR 5413 apresenta três valores distintos de iluminância por ambiente, sendo necessário consultar a Tabela 1.11 e determinar a soma das características. Caso encontre resultado -2 ou -3, é preciso utilizar a iluminância inferior; tendo como resultado +2 ou +3, deve-se usar a iluminância superior e, nos demais casos, a iluminância média. Na Tabela 1.11 estão apresentados outros valores de iluminância para interiores de acordo com a NBR 5413.

Tabela 1.11 | Valores de iluminância por atividade de acordo com a NBR 5413

Iluminância em lux por atividade	
Atividade	**Iluminância**
Atendimento ao público em bancos.	300-500-750
Salas de leitura em bibliotecas.	300-500-750
Salas de aulas em escolas.	200-300-500
Quadros negros em sala de aula.	300-500-750
Escritórios de desenhos, engenharia e arquitetura.	750-1000-1500
Sala de estar em residências.	100-150-200
Cozinhas em residências.	100-150-200
Fogão, pia e mesa em cozinhas residenciais.	200-300-500
Dormitórios residenciais.	100-150-200
Espelhos, penteadeiras e camas em dormitórios residenciais.	200-300-500
Garagens, despensas, escadas residenciais.	75-100-150
Banheiros residenciais.	100-150-200
Espelhos em banheiros residenciais.	200-300-500

Fonte: NBR 5413 (2004, p. 3).

Esses valores de iluminância média apresentados pela NBR 5413 serão utilizados para os cálculos do número de luminárias por meio dos métodos dos lúmens.

Método dos lúmens

Todo projeto luminotécnico deve utilizar algum método de cálculo ou software especializado para definir a quantidade de luminárias adequadas para o ambiente. Os mais usados são o método dos lúmens e o método ponto a ponto.

O método dos lúmens geralmente é o mais utilizado, pois é o mais simples e considera diversos componentes nos cálculos, entre eles a refletância das superfícies, a atividade desenvolvida e o tipo de luminária. Nesse método é considerado um fluxo luminoso com distribuição uniforme em um ambiente retangular. Para iniciar os cálculos, é necessário o levantamento de algumas informações sobre a área desejada:

- Dimensões do ambiente.
- Classificação de acordo com a NBR 5413.
- Refletância das superfícies.
- Frequência de manutenção do ambiente.

Para explicar melhor o método, vamos separar os cálculos e procedimentos em seis etapas. A **primeira etapa** consiste no cálculo do índice local (K), que é uma relação entre as dimensões do local do projeto, dado pela seguinte equação:

$$K = \frac{c.l}{h.(c+l)} \qquad (1.8)$$

Em que:

c = comprimento do ambiente.

l = largura do ambiente.

h = distância da luminária até o ambiente de trabalho.

Exemplificando

Calcule o índice local para um cômodo com 3 metros de comprimento, 5 metros de largura e 2,5 metros de altura entre a luminária e o ambiente de trabalho.

Resolução:
Podemos aplicar diretamente a fórmula:

$$K = \frac{c.l}{h.(c+l)} = \frac{3x5}{2,5x(3+5)} = 4,69$$

O ambiente de trabalho é o local onde serão desenvolvidas as tarefas, por exemplo, em cima das pias, nas mesas de trabalho, etc.

A **segunda etapa** consiste em determinar os equipamentos utilizados na iluminação, além de ser preciso definir o tipo de lâmpada e de luminária. É recomendado, sempre que possível, usar lâmpadas feitas de LED, pois elas apresentam maior eficiência energética, aumentando a economia de energia para o cliente.

A **terceira etapa** é a determinação do fator de utilização (U), dado fornecido em forma de tabela pelos fabricantes das luminárias. Para determiná-lo, basta cruzar o índice do local (K), calculado na etapa 1, com as informações de refletância do teto, da parede e do piso. É importante destacar que cada luminária apresenta seu próprio fator de utilização. A Tabela 1.12 exemplifica os dados fornecidos pelo fabricante.

Tabela 1.12 | Exemplo de fator de utilização

K	773	771	731	751	573	751
0,6	0,53	0,4	0,51	0,34	0,4	0,34
0,8	0,61	0,45	0,57	0,41	0,45	0,37
1,0	0,65	0,51	0,69	0,45	0,49	0,41
1,25	0,68	0,55	0,72	0,48	0,55	0,45
1,7	0,71	0,60	0,75	0,52	0,59	0,50
1,9	0,74	0,66	0,79	0,55	0,64	0,53

Fonte: elaborada pelo autor.

Assimile

O fator de utilização é fornecido pelo fabricante da luminária, sendo que cada uma apresenta seu próprio fator de utilização. Para projetos mais complexos, deve-se utilizar softwares especializados.

A **quarta etapa** consiste em determinar o fator de manutenção (FM), parâmetro que atribui um valor para a depreciação da iluminação considerando o acúmulo de sujeira nas luminárias. Esse fator deve ser determinado de acordo com a Tabela 1.13, com relação ao tipo de atividade que será

desenvolvida no local. Ambientes limpos têm fator de manutenção perto de 1, enquanto ambientes sujos apresentam um menor fator.

Tabela 1.13 | Fator de manutenção

AMBIENTE	PERÍODO DE MANUTENCÃO		
	2.500 hs	5.000 hs	7.500 hs
LIMPO	0,95	0,91	0,88
NORMAL	0,91	0,85	0,80
SUJO	0,80	0,66	0,57

Fonte: elaborada pelo autor.

Para melhorar a depreciação da iluminação, deve-se adotar um sistema de manutenção eficiente, com limpezas de lâmpadas e luminárias e substituição preditiva.

A **quinta etapa** é o cálculo do número de luminárias necessárias para o cômodo do estudo, a partir da seguinte equação:

$$N = \frac{E_{med}.A}{n.\mathrm{f}.\mathrm{U}.\mathrm{FM}.\mathrm{FFL}} \qquad (1.9)$$

Em que:

N = número necessário de luminárias.

E_{med} = iluminância média (lux).

A = área do ambiente (m^2).

n = número de lâmpadas em cada luminária.

f = fluxo luminoso de cada lâmpada (lm).

U = fator de utilização.

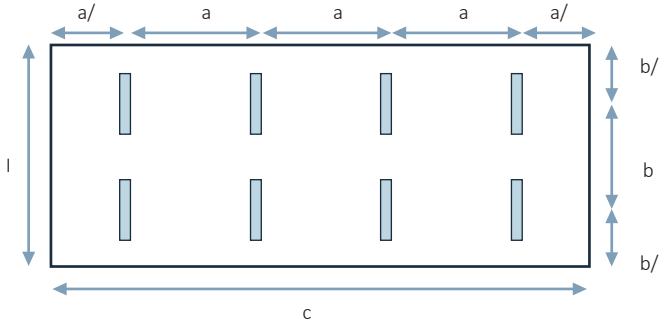
FM = fator de manutenção.

FFL = fator de fluxo luminoso do reator.

A iluminância média é determinada com base na NBR 5413, que prevê um valor médio dependendo do tipo de cômodo. O fluxo luminoso e o fator de fluxo luminoso do reator (FFL) são dados fornecidos pelo fabricante das lâmpadas, e seu valor é 1 quando a iluminação é LED.

Determinado o número de lâmpadas, pode-se iniciar a **sexta etapa**, que é a definição da posição das luminárias. Essas devem ser distribuídas uniformemente no recinto, sempre procurando posicioná-las de forma que a distância entre as luminárias seja o dobro da distância entre a luminária e a parede, conforme ilustra a Figura 1.16.

Figura 1.16 | Exemplo de distribuição uniforme de luminárias



Fonte: elaborada pelo autor.

Saiba mais

Para a realização de projetos luminotécnicos residenciais, comerciais e industriais, é possível usar alguns softwares gratuitos, entre eles, o DIALux. Para sua utilização, é necessário carregar as informações das dimensões do área, refletância e tipos de luminária. Saiba mais acessando os seguintes artigos:

SOUZA, D. F. DIALux - uma constante evolução. **Revista LUME Arquitetura**, São Paulo, [s.d.].

ALOI, D. Manual básico DIALux – Programa cálculo luminotécnico. **Percepção – Typepad**. 16 dez. 2009.

Sem medo de errar

Durante o andamento do projeto elétrico, seu coordenador lhe atribuiu a função de verificar o projeto luminotécnico da residência de médio porte. Vamos supor que, para início da análise, você tenha escolhido o cômodo da cozinha, que tem 8 m de largura por 6 m de comprimento e 2,8 m de altura, conforme consta no projeto civil enviando pelo ciente, e as paredes, os tetos e o piso apresentam as seguintes refletâncias: 50%, 70% e 20%, respectivamente, valores atribuídos à cor e ao material utilizados nas paredes, no teto e no piso da cozinha, informações também enviadas pelo cliente. O casal que vai viver nessa residência tem 35 anos de idade. No projeto luminotécnico constam 4 lâmpadas com fluxo luminoso de 2000 lm. Esse número de lâmpadas está coerente com a norma 5413 para essas condições?

Primeiro temos que calcular o índice do local (K), expresso na Equação 1.8. Supondo que a pia da cozinha, com 1 m de altura, é a área de trabalho, temos que a altura de trabalho da equação é 1,8 m.

$$K = \frac{c.l}{h.(c+l)} = \frac{6.8}{1,8.(6+8)} = 1,9$$

Em seguida, podemos determinar o fator de utilização pela Tabela 1.12, usando os parâmetros de refletância e o índice local, chegamos ao fator 0,79. Por se tratar de um ambiente limpo, podemos utilizar o fator de manutenção de 0,95. Observando a Tabela 1.10, com relação à idade dos moradores, velocidade e precisão da tarefa e refletância, podemos atribuir o fator de adequação zero para todos os parâmetros. De acordo com a Tabela 1.11, a iluminância para a cozinha varia entre 100, 150 e 200 lx e, como nosso fator de adequação é zero, vamos utilizar o valor de 150 lx. Aplicando todas essas informações da Equação 1.9 e utilizando um para o fator do fluxo luminoso do reator, cada luminária terá apenas uma lâmpada instalada.

$$N = \frac{E_{med}.A}{n.\mathrm{f}.\mathrm{U}.\mathrm{FM}.\mathrm{FFL}} = \frac{150.(6.8)}{1.2000.0,79.0,95.1} = 4,79 \approx 5$$

Chegamos ao resultado de 5 luminárias na área da cozinha, uma a mais que o resultado apresentado no projeto luminotécnico. É importante destacar que muitas informações desse projeto dependem da interpretação do projetista com relação ao tipo de atividade do ambiente, limpeza e velocidade da atividade. Assim, você foi capaz de calcular e verificar o projeto luminotécnico da cozinha, agora basta repetir esse mesmo procedimento para os demais cômodos para finalizar a atribuição de seu coordenador.

Avançando na prática

Distribuição de luminárias em um cômodo

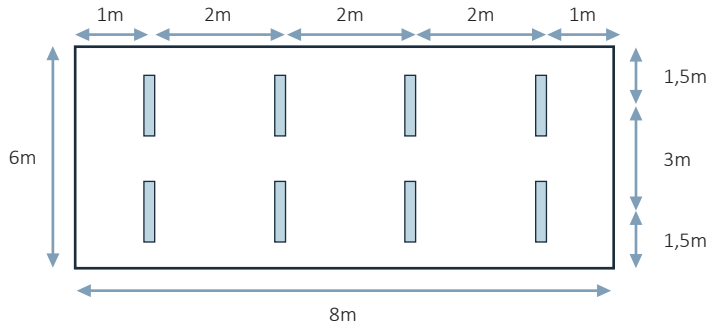
Descrição da situação-problema

Você acabou de se formar e abriu um escritório de projetos de engenharia. Seu primeiro cliente é um casal que está reformando uma sala de jantar de alto padrão. Assim que o contrato foi fechado, você foi à residência inspecionar os parâmetros necessários para calcular o número de luminárias que serão utilizadas na reforma. As dimensões do cômodo são de 8 m de largura e 6 m de comprimento, e as paredes apresentam uma pintura clara. Com base nessas informações, você determinou a utilização de 8 luminárias com lâmpadas tipo LED e contratou um eletricista para instalar as luminárias, que lhe pergunta qual deve ser a distribuição espacial das luminárias no cômodo.

Resolução da situação-problema

As 8 luminárias devem ser distribuídas o mais uniformemente possível ao longo do cômodo. Podemos considerar a posição de cada uma a partir de seu centro e calcular a distância "a" como sendo 2 m e "b" sendo 3 m, conforme a Figura 1.14.

Figura 1.17 | Distribuição das luminárias



Fonte: elaborada pelo autor.

Assim, podemos posicionar as luminárias de forma que a distância entre as elas seja o dobro da distância entre a luminária e a parede, conforme ilustra a Figura 1.14.

Faça valer a pena

1. A iluminação de interiores deve ser dimensionada com base em diversos requisitos, entre eles, a atividade desenvolvida no local, as características do ambiente e as refletâncias, fatores fundamentais para a qualidade e segurança.

Qual norma brasileira rege a iluminação de interiores?

a) NBR 5410.
b) NBR 12876.
c) NBR 5413.
d) NBR 1190.
e) NBR 4569.

2. Para determinar o número de luminária pelo método dos lúmens, é necessário calcular o índice do local (K) para um cômodo com as seguintes dimensões: 4 x 3 x 3,4 m de comprimento, de largura e de altura, respectivamente. A altura do plano de trabalho é de 0,5 m.

Calcule o índice do local com base nas informações.

a) 0,22
b) 0,69
c) 1
d) 0,51
e) 0,59

3. O método dos lúmens é responsável pelo cálculo do número de luminárias, para isso, é necessário determinar o fator de utilização a partir da tabela abaixo.

Tabela 1.12| Exemplo de fator de utilização

K	773	771	731	751	573	751
0,6	0,53	0,4	0,51	0,34	0,4	0,34
0,8	0,61	0,45	0,57	0,41	0,45	0,37
1,0	0,65	0,51	0,69	0,45	0,49	0,41
1,25	0,68	0,55	0,72	0,48	0,55	0,45
1,7	0,71	0,60	0,75	0,52	0,59	0,50
1,9	0,74	0,66	0,79	0,55	0,64	0,53

Fonte: elaborada pelo autor.

A correta correlação do índice K e do código refere-se:

a) À cor da parede e à área do ambiente.
b) À área do ambiente e à potência das lâmpadas.
c) Às dimensões do ambiente e à refletância das superfícies.
d) Às dimensões do ambiente e à potência das lâmpadas.
e) À cor da parede e à refletância das superfícies.

Referências

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 5413: iluminação de interiores**. Rio de Janeiro. 2004.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 5410: instalações elétricas em baixa tensão: referências**. Rio de Janeiro. 2004.

CREA - SP. **ART – ANOTAÇÃO DE RESPONSABILIDADE TÉCNICA**. CREA-SP – Serviço Público Federal, atualizado em 21 jan. 2014. Disponível em: http://www.creasp.org.br/pergun2tas-frequentes/art. Acesso em: 29 out. 2018.

CREDER, H. **Instalações elétricas**. Rio de Janeiro: LTC, 2018.

PRA Onde vai Agora? **Incandescente, halógena, fluorescente ou LED? Saiba qual é a melhor opção de lâmpada para economizar energia.** Catraca Livre, 18 maio 2015. Disponível em https://catracalivre.com.br/economize/incandescente-halogena-fluorescente-ou-led-saiba--qual-e-a-melhor-opcao-de-lampada-para-economizar-energia/. Acesso em: 14 nov. 2018.

LIMA, R. F. **A História da Lâmpada Elétrica – Lâmpada Incandescente**. Boreal LED, 24 mar. 2018. Disponível em: https://blog.borealled.com.br/historia-lampada-eletrica-incandescente/. Acesso em: 14 nov. 2018.

LIMA FILHO, D. **Projetos de instalações elétricas prediais**. 12. ed. São Paulo: Saraiva, 2011.

SUPER Interessante. Thomas Edison, o gênio da lâmpada. **Super Interessante**, 31 out. 2016. Disponível em: https://super.abril.com.br/comportamento/thomas-edison-o-genio-da-lampada/. Acesso em: 14 nov. 2018.

Unidade 2

Aspectos iniciais em um projeto de instalações elétricas de baixa tensão

Convite ao estudo

A elaboração de um projeto elétrico em baixa tensão começa com a estimativa das cargas que serão ligadas à rede elétrica. Todo projeto elétrico deve conter a potência total instalada e a demanda requerida, e essas informações serão utilizadas para dar entrada no pedido de uma nova linha de energia junto à concessionária local. Com essas informações também será possível determinar o padrão de entrada a ser utilizado na residência. Você já viu um padrão de entrada? E um relógio de medição residencial? O padrão de entrada é dividido em várias categorias, dependendo da demanda da residência, e determina o tipo de alimentação que a residência receberá. Temos os seguintes padrões: monofásico, bifásico e trifásico.

Esta unidade tem como objetivo preparar você, aluno, para compreender os passos básicos necessários para iniciar um projeto elétrico de baixa tensão por meio da previsão das cargas, do dimensionamento da potência instalada e da demanda, além de mostrar como proceder na escolha do padrão de entrada.

Com tudo isso que foi dito, vamos propor uma situação para que você utilize seus conhecimentos na solução de um problema com o qual você pode se deparar em sua futura atuação profissional: imagine que você trabalha em uma empresa de projetos elétricos e foi chamado pelo seu supervisor para ajudá-lo em outro projeto elétrico. Ele diz que a empresa foi contratada pela prefeitura da cidade para desenvolver um projeto para um condomínio residencial com vinte novas residências. Qual tipo de padrão de entrada será instalado nas residências para atender a classe de consumo estabelecido pela concessionária local? De que maneira vocês podem satisfazer as demais partes do projeto elétrico residencial? Essa classificação correta dos consumidores residenciais será fundamental para que a concessionária preveja ou não a instalação de um novo transformador na região. Você, ao andar pelas ruas, já percebeu a quantidade de transformadores espalhados pela sua cidade?

Nesta unidade estudaremos a estimativa da carga instalada de acordo com a norma NBR 5410 e como realizar os cálculos para a demanda instalada com o objetivo de selecionar o padrão de entrada. Também vamos dimensionar a

demanda requerida pelas residências de acordo com a concessionária local, entenderemos como é o processo de elaboração do padrão de entrada e como proceder junto à concessionária para a ligação de uma nova linha de energia. Este é o primeiro passo para o início das obras elétricas.

Todo esse conteúdo será abordado nas seções seguintes, e por isso é importante fazer o estudo consciente e otimizado para que possamos seguir da melhor forma possível e para que você se torne um excelente profissional.

Seção 2.1

Previsão de cargas da instalação elétrica

Diálogo aberto

Como mencionado anteriormente, os projetos elétricos devem conseguir prever de forma eficiente tanto para o cliente como para a concessionaria a potência instalada e a demanda requerida. Assim, é trabalho do projetista seguir a norma NBR 5410 nos requisitos mínimos de número de tomadas e, consequentemente, na potência instalada, para uma otimização do padrão de entrada requerido.

Para iniciar esta seção do nosso curso, começaremos com previsão de cargas de uma instalação elétrica. Você já precisou de uma tomada 220 V, mas no cômodo só havia tomadas com tensão 127 V? Já precisou ligar um novo eletrodoméstico, mas não tinha tomada livre para conectá-lo? Esses problemas são causados pelo mau dimensionamento das tomadas em residências, e é com essa motivação que iniciaremos nosso assunto.

Vamos relembrar: você foi contratado em uma empresa que desenvolve projetos de engenharia para diversas áreas de atuação, desde pequenas residências até grandes indústrias. A empresa em que você trabalha foi contratada pela prefeitura local para atuar no desenvolvimento de um projeto elétrico residencial de um condomínio. Você foi alocado para intermediar eventuais contratempos entre os futuros moradores e a empresa.

Um cliente de uma das casas deste condomínio está alegando que o número de tomadas projetadas para sua residência está abaixo do permitido pela norma brasileira de instalações elétricas de baixa tensão. Você ligou para ele pedindo as seguintes informações: nome dos cômodos, suas medidas e o número de tomadas existentes. Com essas informações em mãos, você gerou a seguinte Tabela 2.1.

Tabela 2.1 | Dimensões dos cômodos e o número de tomadas

Cômodo	Perímetro	Número de Tomadas
Suíte	16 m	3
Quarto	15 m	3
Banheiro	6 m	2
Cozinha	18 m	4
Sala	10 m	2

Fonte: elaborada pelo autor.

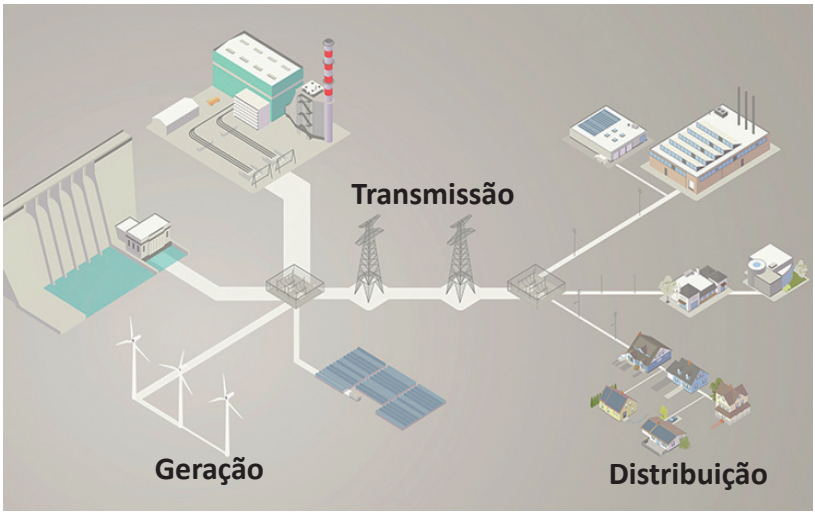
Com base nessas informações é possível gerar um relatório detalhando para o cliente com os cálculos e normas que foram seguidas, a fim de apresentar o dimensionamento conforme a NBR 5410, demostrando as razões da quantidade de tomadas por cômodo.

Não pode faltar

Geração, Transmissão e Distribuição de Energia Elétrica

A geração de energia elétrica pode acontecer de diversas formas. No Brasil, as usinas hidroelétricas são predominantes, mas também há a geração por meio de usinas nucleares – caso das usinas Angra I e Angra II –, sistemas fotovoltaicos, usinas termoelétricas – que utilizam combustíveis fósseis – e geração eólica. A Figura 2.1 ilustra exemplos de meios de geração de energia: as hidroelétricas, a energia eólica, as termoelétricas e os painéis fotovoltaicos.

Figura 2.1 | Diagrama de geração, transmissão e distribuição de energia elétrica



Fonte: adaptada de iStock. Disponível em https://www.istockphoto.com/br/vetor/electrical-transmission-diagram-gm636979474-113347209 acesso em 1 de out. 2018

Para levar essa energia até o consumidor final são utilizadas as linhas de transmissão. Essas linhas transmitem a energia elétrica em alta tensão por longas distâncias, como é o caso da linha entre a hidroelétrica Itaipu e a região metropolitana de São Paulo, com aproximadamente 900 km de extensão. A Figura 2.2 ilustra três linhas de transmissão de alta tensão.

Figura 2.2 | Linhas de transmissão de alta tensão

Fonte: iStock. Imagem disponível em https://www.istockphoto.com/br/foto/torre-de-transmiss%C3%A3o-de-energia-el%C3%A9trica-gm482104434-70086225

As linhas de transmissão são conectadas às subestações nas cidades, que são responsáveis pelo rebaixamento da tensão para níveis de distribuição. Em seguida, essa energia é distribuída pela rede de distribuição das cidades até o consumidor final, ainda em uma tensão elevada. Chegando aos transformadores, a tensão é transformada para níveis residenciais de 127 V e 220 V.

Estimativa Preliminar

A estimativa preliminar tem como objetivo auxiliar o projetista a adquirir o maior número de informações sobre as características das cargas de seu projeto. Todo equipamento elétrico – seja chuveiro, geladeira, computador e impressora, entre outros – requer da rede elétrica uma quantidade de potência para seu funcionamento. Considerando essas informações, o projetista será capaz de determinar o número de tomadas por cômodo, bem como a potência para cada tomada. A NBR 5410 estabelece a quantidade e a potência mínima para as tomadas e a iluminação, mas cabe ao projetista verificar se essa quantidade atende as necessidades e expectativas do cliente.

A carga do equipamento a ser considerada deve ser informada pelo fabricante ou calculada a partir da tensão, da corrente nominal e do fator de potência. A Tabela 2.2 apresenta uma lista de equipamentos e suas respectivas potências.

Tabela 2.2 | Potência média de aparelhos elétricos

Aparelho	Potência
Micro-ondas 20 litros	1130 W
Televisor LED 46	150 W
Chuveiro 127 V	5500 W
Geladeira simples	250 W
Máquina de lavar roupa	1000 W
Computador	500 W

Fonte: elaborada pelo autor.

Com base nesses dados e nas informações do cliente, você é capaz de determinar o número e a potência de tomadas por cômodo, respeitando a exigência mínima da NBR 5410.

Saiba mais

Muitas concessionárias informam as potências dos equipamentos elétricos de uma residência de baixa tensão. Acesse a norma ND.10 da Elektro para visualizar como a concessionária apresenta essa informação.

SILVA, A. et al. **Norma ND.10 | Revisão 11 – 09/2018**. Elektro Redes S. A. Diretoria de Processos e Tecnologia. Campinas, 2018.

Potência Estimada pela NBR 5410

Como foi abordado na Seção 1.2, a NBR 5410 é a norma brasileira de instalações elétricas em baixa tensão que expressa os requisitos de segurança e aspráticas a serem seguidas em obras elétricas. Assim, a NBR 5410 estabelece a quantidade, a localização e a potência mínima para as tomadas e a iluminação de uma residência.

Com relação à iluminação, a norma determina pelo menos um ponto de luz por cômodo, fixado no teto e acionado por interruptor na parede. Em hotéis, motéis ou similares pode haver a substituição do ponto de iluminação no teto por uma tomada de potência mínima de 100 VA, também comandada por interruptor na parede. Em casos de difícil instalação, é possível mudar o ponto de iluminação localizado no teto para a parede, como em escadas, varandas, depósitos, despensas e lavabos.

Lembre-se de que a NBR 5410 estabelece as condições mínimas para a iluminação, deixando a critérios do projetista adequar a iluminação para cada caso, com base no projeto luminotécnico.

A potência destinada para a iluminação depende da área do cômodo: para cômodos com área igual ou inferior a 6 m^2 é atribuída uma potência

de 100 VA. Já para cômodos com áreas maiores, é atribuída uma potência mínima de 100 VA para os primeiros 6 m^2 e a cada 4 m^2 inteiros é acrescentada uma potência de 60 VA.

Exemplificando

Uma residência é formada por quatro cômodos: um banheiro, um quarto, uma cozinha e uma sala. As dimensões de cada cômodo estão apresentadas na tabela a seguir. Determine a potência mínima de iluminação para cada aposento.

Tabela 2.3 | Dimensões dos cômodos

Cômodo	Área
Sala	10 m^2
Banheiro	4 m^2
Cozinha	8 m^2
Quarto	16 m^2

Fonte: elaborada pelo autor.

Para o cálculo da potência mínima exigida pela NBR 5410, devemos separar as áreas em 6 m^2, e o restante em áreas de 4 m^2, conforme tabela a seguir.

Cômodo	Área	Potência
Sala	6 m^2 + 4 m^2	100 VA + 60 VA = 160VA
Banheiro	4 m^2	100 VA
Cozinha	6 m^2 + 2 m^2	100 VA
Quarto	6 m^2 + 4 m^2 + 4 m^2	100 VA + 60 VA + 60 VA = 220VA

Fonte: elaborada pelo autor.

Como podemos verificar, o banheiro entra na regra da potência mínina para cômodos com áreas inferiores a 6 m^2 e a cozinha, por não obter 4 m^2, inteiros fica apenas com 100 VA de potência.

As tomadas são divididas em duas categorias: tomadas de uso geral (TUGs), que são utilizadas para equipamento portáteis, como televisão, ventilador, computador e geladeira, entre outros, e as tomadas de uso especifico (TUEs), para equipamentos de corrente superior a 10 A, como chuveiro, micro-ondas, churrasqueira elétrica, etc.

Para determina o número mínimo de TUGs em um cômodo deve-se seguir a NBR 5410, que diz o seguinte:

- Em salas e dormitórios: um ponto de tomada para cada 5 m, ou fração de perímetro, distribuídas uniformemente.

- Cozinhas, copas, copas-cozinhas, áreas de serviço, cozinha-área de serviço, lavanderias e locais análogos: uma tomada para cada 3,5 m ou fração de perímetro, independentemente da área, e acima da bancada da pia devem ser previstas no mínimo duas tomadas de corrente.
- Banheiros: no mínimo uma tomada perto da pia ou lavatório, com uma distância mínima de 60 cm do box, área molhada, independentemente da área do banheiro.
- Subsolos, varandas, garagens ou sótãos: no mínimo uma tomada, independentemente da área.
- Em cada um dos demais cômodos e dependências prever no mínimo:
  - Um ponto de tomada, se a área do cômodo ou dependência for inferior ou igual a 2,25 m2 (esse ponto pode ser posicionado externamente a até 0,80 m da porta de acesso).
  - Um ponto de tomada para cada 5 m ou fração do perímetro, se a área do cômodo ou dependência for superior a 6 m2 .
  - Um ponto de tomada, se a área do cômodo ou dependência for superior a 2,25 m2 e igual ou inferior a 6 m2 .

Para atribuição de potência elétrica para as tomadas de uso geral, deve-se seguir em cômodos como banheiro, cozinha, copa, copa-cozinha, área de serviço, lavanderia e locais análogos no mínimo 600 VA por ponto de tomada para as três primeiras e, para as demais tomadas, uma potência de 100 VA. Para os demais cômodos, considerar 100 VA por tomada.

Exemplificando

Uma residência é formada por quatro cômodos: um banheiro, um quarto, uma cozinha e uma sala. O número de tomadas por cômodo é apresentado na tabela a seguir. Determine a potência por cômodo.

Tabela 2.5 | Dimensões dos cômodos

Cômodo	Área
Sala	4
Banheiro	1
Cozinha	5
Quarto	3

Para o cálculo da potência deve-se seguir a NBR 5410 que especifica para as salas e quartos a potência de 100 VA, e para as tomadas das cozinhas e dos banheiros, a potência de 600 VA para as três primeiras e, para as

demais 100 VA. Assim, podemos montar a seguinte tabela com as potências das tomadas por cômodo.
Também é necessário especificar uma TUE para o chuveiro no banheiro com a potência nominal do equipamento. Para chuveiro de 127 V, podemos determinar uma potência de 5500 W e, para chuveiro de 220 V, é aconselhável usar uma potência de 7600 W.

Tabela 2.6 | Previsão de carga

Cômodo	Número de Tomadas (TUGs)	Potência por cômodo
Sala	4	400 VA
Banheiro	1	600 VA
Cozinha	5	3x600 VA+200 VA = 2000 VA
Quarto	3	300 VA

Assim, o banheiro teria uma potência de 600 VA para as TUGs e 5500 W para a TUE. Os demais cômodos apresentam apenas TUGs.

Assimile

A norma NBR 5410 prevê a quantidade mínima de tomadas que deve ser calculada e colocada em instalações elétricas de baixa tensão, mas nada impede que o projetista, com base nas informações do cliente, aumente essa quantidade de tomadas. Devemos considerar que uma boa instalação elétrica deve acomodar todos os equipamentos elétricos sem a necessidade de adaptações, como réguas ou adaptadores "T".

As TUEs são destinadas aos equipamentos fixos ou de baixa movimentação, que apresentam uma corrente nominal maior do que 10 A. Isso siginifica uma potência maior do que 1270 VA em 127 V ou 2200 VA em 220 V. As TUEs podem ser instaladas a no máximo 1,5 m da localização do equipamento, e a potência a elas atribuídas deve ser igual à potência nominal do equipamento elétrico.

Sem medo de errar

Você foi chamado por seu coordenador para auxiliá-lo em um novo projeto elétrico. Sua empresa foi contratada pela prefeitura para desenvolver um projeto de um condomínio residencial de vinte novas casas. Um cliente de uma das residências do condomínio alega que o número de tomadas previstas no projeto está abaixo do permitido pela norma brasileira de instalações elétricas de baixa tensão. Você foi encarregado de verificar se o que o

cliente diz procede. Ligando para o cliente e solicitando algumas informações, você foi capaz de montar a tabela a seguir.

Tabela 2.7 | Dimensões dos cômodos e o número de tomadas

Cômodo	Perímetro	Número de tomadas	Número de mínimo de tomadas
Suíte	16 m	3	4
Quarto	15 m	3	3
Banheiro	6 m	2	1
Cozinha	18 m	4	6
Sala	10 m	2	2

Fonte: elaborada pelo autor.

Sabemos que a NBR 5410 especifica para suítes, quartos e salas uma tomada para cada 5 metros ou fração do perímetro, para cozinhas uma tomada a cada 3,5 metros ou fração de perímetro, e para banheiro pelo menos uma tomada perto do lavabo. Assim, podemos complementar a Tabela 2.7 com base nos cálculos que seguem.

$$Suíte = \frac{16}{5} = 3{,}2 \simeq 4$$

$$Quarto = \frac{15}{5} = 3$$

$$Cozinha = \frac{18}{3{,}5} = 5{,}1 \simeq 6$$

$$Sala = \frac{10}{5} = 2$$

Como podemos, observar a suíte e a cozinha apresentam quantidade menor de tomadas do que a norma permite, devendo o projeto ser alterado conforme a nova previsão. No banheiro pode-se manter as duas tomadas, pois o mínimo exigido pela norma é uma tomada.

Dessa maneira, você foi capaz de verificar a reclamação do cliente com base na norma NBR 5410 e realizar os cálculos necessários para confirmar suas alegações. Essa alteração do projeto é fundamental para que a sua empresa trabalhe sempre seguindo as normas, evitando quaisquer problemas legais.

Avançando na prática

Dimensionamento das cargas de uma lavanderia

Descrição da situação-problema

Você acaba de se formar e decide abrir um escritório de projetos de engenharia. No primeiro mês, um cliente entra em contato para a realização de um projeto elétrico de um apartamento no centro da cidade. Ele adquiriu o imóvel recentemente e pretende reformá-lo para melhor comodidade. Um dos pontos a ser reformado são as tomadas da cozinha. O cliente afirma que pretende ligar uma chopeira de 2500 W em 220 V nesse cômodo, além de um micro-ondas de 1000 W em 127 V. Ele pergunta se há algum problema nessas ligações.

Resolução da situação-problema

A NBR 5410 especifica que para equipamentos com correntes maiores de 10 A, há a necessidade de prever uma tomada de uso especifico. A choperia apresenta uma corrente de 11,37 A, sendo necessária uma tomada exclusiva para sua ligação, assim é preciso que se crie um circuito exclusivo para esse equipamento. O micro-ondas apresenta uma corrente de 7,87 A, enquadrando-se em equipamento de uso geral, logo, não há a necessidade de uma tomada exclusiva para sua ligação.

Em questão de normativa referente à NBR 5410 temos esses dois resultados, mas isso não exclui uma análise mais detalhada sobre o sistema de proteção, condutores envolvidos e demanda requerida.

Faça valer a pena

1. A NBR 5410, norma brasileira reguladora de instalações elétricas de baixa tensão, especifica a potência mínima para a iluminação residencial com base nas dimensões do cômodo. Imagine um quarto com as seguintes dimensões: 4 metros de largura e 3 metros de comprimento.

Calcule a potência de iluminação com base na NBR 5410.
a) 160 VA.
b) 60 VA.
c) 120 VA.
d) 100 VA.
e) 80 VA.

2. A NBR 5410, norma brasileira reguladora de instalações elétricas de baixa tensão, especifica o número mínimo de tomadas que devem ser instaladas dependendo do cômodo em questão. Tenha como base uma cozinha com a dimensão de 5 m de comprimento e 4 m de largura.

Determine o número mínimo de tomadas para a cozinha.
a) 5.
b) 7.
c) 4.
d) 6.
e) 8.

3. A NBR 5410, norma brasileira reguladora de instalações elétricas de baixa tensão, determina a utilização de tomadas de uso específico para equipamentos com corrente superior a 10 A. Essa corrente deve ser calculada ou fornecida pelo fabricante do equipamento. Suponha um micro-ondas de potência 1300 W em 127 V.

Com base nas informações, determina a corrente do aparelho e o tipo de tomada.
a) I=5,9 A; tomada de uso geral.
b) I=10,2 A; tomada de uso geral.
c) I=10,2 A; tomada de uso específico.
d) I=5,9 A; tomada de uso específico.
e)I=12,9 A; tomada de uso geral.

Seção 2.2

Demanda de energia em uma instalação elétrica

Diálogo aberto

Na seção anterior aprendemos como dimensionar as cargas mínimas de uma residência de acordo com a NBR 5410. Essa informação será muito importante para seguirmos com nosso aprendizado, pois inferiremos como você pode fazer uso desse conhecimento aplicado na determinação do padrão de entrada de residências individuais e coletivos.

O conceito de demanda energética é de extrema importância para um projetista. É por meio desses conceitos que as concessionárias estabelecem o padrão de entrada de energia, que é formado por disjuntor, cabos elétricos e eletrodutos, entre outros componentes, tanto para uma residência quanto para um condomínio ou prédio. Ele também ajuda no dimensionamento dos transformadores encontrados nas ruas da cidade. Você já viu um transformador instalado em um poste de energia? Percebeu que existem transformadores de diferentes tamanhos?

Vamos recordar que você trabalha em uma empresa de projetos elétricos e seu coordenador lhe pediu para determinar o padrão de entrada de uma residência localizada em um condomínio que será construído pela prefeitura local. Essas informações serão fundamentais para dimensionar os cabos e dispositivos de proteção da entrada das residências, e deverão ser apresentadas para a concessionária local.

O coordenador lhe envia por e-mail uma lista de potência que ele gerou em conjunto com as necessidades do cliente, apresentada na Tabela 2.8. Ele mostra a você que a concessionária local disponibiliza os valores de fator de demanda em sua norma, que são de 0,4 para a iluminação e 0,3 para as tomadas de uso geral, com base na potência instalada.

Com base em todas essas informações, você deve calcular a potência instalada e a demanda máxima da residência e, a partir desses resultados, acessar a norma da concessionária que determina qual padrão de entrada será utilizado nessa instalação elétrica.

Tabela 2.8 | Lista de cargas da residência

Carga	Potência	Fator de Potência
Iluminação LED	2000 W	0,95
Tomadas de uso Geral	5000 W	0,8
Chuveiro	7600 W	1,0
Micro-ondas	1500 W	0,8

Fonte: elaborada pelo autor.

Nesta seção apresentaremos os procedimentos para o cálculo do fator de demanda para uma unidade individual ou unidade coletiva, e é importante destacar que cada concessionária apresenta um conjunto de normas referentes a esse assunto, devendo o projetista segui-las. Esta seção é muito importante para o dia a dia do projetista elétrico. Bons estudos!

Não pode faltar

É possível encontrar em uma residência vários equipamentos elétricos, como televisão, geladeira, micro-ondas, entre outros. Todos esses apresentam uma potência elétrica associada denominada potência nominal. Se pudermos observar o consumo total de energia elétrica de uma residência perceberemos que a potência consumida em cada instante varia durante um dia inteiro. Isso significa que os equipamentos são ligados e utilizados em diferentes horários, e a potência total consumida em uma instalação é uma combinação das potências individuais dos equipamentos multiplicadas por um fator que representa sua utilização, conhecido como fator de demanda. A demanda deve ser aplicada em residências, comércios e indústrias, para o dimensionamento dos dispositivos de proteção, do padrão de entrada e dos transformadores, possibilitando uma solução mais viável técnica e economicamente.

Reflita

Imagine uma indústria de grande porte com uma potência instalada da ordem de quilowatts. Qual seria a diferença técnica e econômica ao dimensionar os transformadores ou os circuitos de proteção sobre a potência instalada ou realizar o dimensionamento considerando a demanda elétrica da indústria? Como proceder de forma prática para obter a demanda real dessa indústria?

Alguns conceitos importantes são: potência instalada, demanda média e demanda máxima. A potência instalada é a soma das potências nominais de todos os equipamentos elétricos pertencentes a uma residência ou instalação elétrica. Entende-se como potência nominal aquela fornecida pela fabricante do equipamento ou, na ausência dessa informação, é possível considerar a potência da tomada especificada no projeto, conforme a NBR 5410.

Saiba mais

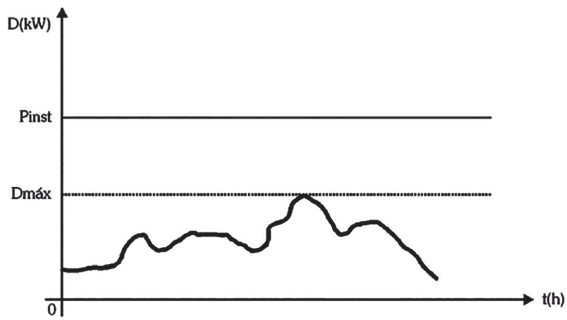
A concessionária de energia conhecida como Elektro atua no interior do estado de São Paulo, mas há mais de 50 concessionárias no terri-

tório brasileiro, entre elas a CPFL, a Cemig, a Eletropaulo e a Eletrobras, entre outras. Para desenvolver um projeto elétrico, o projetista deve se atualizar e estar familiarizado com as normas da concessionaria do local da instalação elétrica.

Demanda média é a potência consumida pelo aparelho em um determinado período de tempo.

Demanda máxima é o maior valor de potência consumida por um equipamento em um período de tempo. A Figura 2.3 ilustra o consumo de energia de uma residência ou indústria ao longo de um dia. Como podemos notar, a potência varia ao longo do tempo, apresentando um valor máximo conhecido como demanda máxima ($D_{\max}$). É importante destacar que a potência instalada (P_{inst}) permanece com valores acima da demanda.

Figura 2.3 | Curva da demanda diária



Fonte: Creder (2018, p. 41).

Outro ponto a destacar são os fatores que influenciam o valor da demanda, entre eles horário, tipo de instalação e equipamentos conectados.

O fator de demanda (FD) é calculado pela Equação 2.1, considerando o máximo valor da potência em um intervalo de tempo e a soma de toda a potência nominal de uma instalação elétrica.

$$FD = \frac{D_{\max}}{P_{inst}} \tag{2.1}$$

Exemplificando

Calcule o fator de demanda para uma instalação elétrica que apresenta as seguintes cargas apresentadas na Tabela 2.9, com uma demanda máxima de 4500 W no período diurno e 2000 W no período noturno.

Tabela 2.9 | Cargas residenciais

Equipamento	Potência nominal
Chuveiro	5600 W
Geladeira	500 W
10 Lâmpadas	120 W
10 TUGs	2000 W
Ar condicionado	1300 W

Fonte: elaborada pelo autor.

Somando todas as potências nominais chegamos ao valor de 9520 W de potência instalada. Utilizando a equação do fator de demanda podemos calculá-lo para o período diurno e noturno.

$$FD = \frac{4500}{9520} = 0,47$$

$$FD = \frac{2000}{9520} = 0,21$$

Em muitos casos não temos acesso à demanda máxima de uma instalação elétrica; assim, as concessionárias locais, por meio de suas normas, sugerem os valores para os fatores de demanda. A Tabela 2.10 apresenta os fatores de demanda para as tomadas de uso geral e iluminação de uma residência com base na norma ND 10 da Elektro, em que C representa a soma da potência total das TUGs mais a potência dos pontos de iluminação.

Assimile

Entende-se por potência instalada o somatório das potências nominais de todos os aparelhos (o que inclui tomadas e luminárias). Na prática, percebeu-se que não é econômico dimensionar as instalações elétricas com base somente na potência nominal, pois a potência demandada por uma instalação elétrica sempre é inferior à potência instalada.

Tabela 2.10 | Fatores de demanda referentes a tomadas e iluminação residencial

Carga instalada(kW)	Fator de demanda
$C<1$	0,86
$1<C \leq 2$	0,75
$2<C \leq 3$	0,66
$3<C \leq 4$	0,59
$4<C \leq 5$	0,52
$5<C \leq 6$	0,45
$6<C \leq 7$	0,40
$7<C \leq 8$	0,35
$8<C \leq 9$	0,31
$9<C \leq 10$	0,27
$C>10$	0,24

Fonte: Elektro, ND.10 (2018, p. 45).

A Tabela 2.11 e a Tabela 2.12 apresentam outros fatores de potência indicados pela concessionária Elektro.

Tabela 2.11 | Fatores de potência para chuveiros, aquecedores de água e ferro de passar

Nº de aparelhos	Fator de demanda
1	1,00
2	1,00
3	0,84
4	0,76
5	0,70
6	0,65
7	0,57

Fonte: adaptada de Elektro, ND.10 (2018, p. 45).

Tabela 2.12 | Fatores de demanda de secadora de roupa, forno elétrico, máquina de lavar louça e forno micro-ondas

Nº de aparelhos	Fator de demanda
1	1,00
2 a 4	0,70
5 a 6	0,60
7 a 8	0,50
Acima de 8	0,50

Fonte: Elektro, ND.10 (2018, p. 46).

Saiba mais

Cada concessionária apresenta uma série de fatores de demanda dependendo do local e do tipo de equipamentos conectados à rede elétrica. Acesse o site da CPFL e visualize a norma GED 13.

COMPANHIA PAULISTA DE FORÇA E LUZ (CPFL). **Norma GED 13 | Fornecimento em Tensão Secundária e Distribuição**. 2018.

Cálculo de demanda para residências individuais

Como foi apresentado anteriormente, o cálculo da demanda varia conforme a concessionaria local, e é necessário para o dimensionamento dos condutores e dispositivos de proteção da entrada de uma residência.

O cálculo da demanda total da instalação residencial é a soma dos fatores de demanda multiplicada pela potência dos equipamentos em VA, conforme apresentado na Equação 2.2, em que D é a demanda total, VA f_x corresponde ao fator de demanda especificado pela concessionária para cada aparelho e

P_x é a potência total dos aparelhos em VA. Para converter a potência de Watts para VA, as concessionárias disponibilizam o fator de potência recomendado para cada tipo de equipamento.

$$D = \sum fx \cdot Px \tag{2.2}$$

Exemplificando

Calcule a demanda para uma residência com 40 m² de área construída, contendo um quarto, uma sala, uma cozinha e um banheiro, cujos aparelhos têm potência apresentada na tabela a seguir. Considere o fator de potência um para todas as cargas.

Tabela 2.13 | Cargas residenciais

Equipamento	Potência nominal
Chuveiro elétrico	4000 W
Ferro elétrico	1000 W
4 Pontos de luz	400 W
TUGs	2400 W
Total	7800 W ou 7,8 kW

Fonte: elaborada pelo autor.

Utilizando as tabelas apresentadas anteriormente, podemos calcular a demanda da residência pela Equação 2.2, considerando o fator de potência um para todos os equipamentos, conforme a concessionária local. $D = (2400 + 400).0{,}66 + 1000.1 + 4000.1 = 6848VA$

Demanda total de um edifício de uso coletivo

Como no caso da demanda individual, a demanda coletiva pode variar dependendo da concessionária local, e o projetista deve interpretar as normas vigentes para efetuar os procedimentos necessários.

Apresentaremos o procedimento elaborado pelo Comitê de Distribuição de Energia Elétrica (Codi), adotado por algumas concessionárias apresentando algumas modificações dependendo da região. Para a concessionária Elektro deve-se seguir a norma ND 26 – Medição agrupada ou coletiva, e para a Eletricidade de São Paulo S.A. (Eletropaulo) segue-se a norma PND - 2.4 - Determinação da Demanda em Prédios Residenciais e Comerciais.

A demanda total do edifício é multiplicada por um fator de segurança – 1,2 – e é calculada pela seguinte Equação 2.3:

$$D_{edif} = 1{,}2(\mathrm{D}_{ap} + \mathrm{D}_{cond}) \tag{2.3}$$

em D_{edif} é a demanda total do edifício, que é a energia requerida por uma parcela da potência instalada; D_{ap} é a demanda total dos apartamentos, que é a energia requerida por uma parcela da potência instalada de todos os apartamentos e D_{cond} é a demanda total do condomínio, que é a energia requerida por uma parcela da potência instalada na área comum do prédio.

A demanda do apartamento é determinada pelo produto do fator de diversidade apresentada na Tabela 2.14 pelo valor da demanda do apartamento em função da área, obtido da Tabela 2.15, como mostra a Equação 2.4.

$$D_{ap} = F1xF2 \quad (2.4)$$

em $F1$ é o fator de diversidade que leva em conta o número de apartamento para determinar a demanda total (Tabela 2.14), e $F2$ é a demanda do apartamento, que é a potência requerida pelo apartamento por uma parcela da potência instalada, conforme Tabela 2.15.

O cálculo da demanda do condomínio deve-se seguir os seguintes critérios:

- Cargas de iluminação: 100% para os primeiros 10 kW e 25% ao excedente.
- Cargas de tomadas: 20% da carga total.
- Motores: aplicam-se a Tabelas 2.16 para cada tipo e quantidade de motor existente na instalação.

Assim, pode-se descrever a Equação 2.5:

$$D_{cond} = I1 + 0{,}25.I2 + 0{,}20.T + M \quad (2.5)$$

sendo: D_{cond} a potência requerida pela potência instalada do condomínio; $I1$, a parcela da carga de iluminação do condomínio até 10 kW; $I2$, a parcela da carga de iluminação do condomínio acima de 10 kW; T, a carga total de tomadas do condomínio; e M, a demanda total de motores do condomínio, conforme Tabela 2.16.

Tabela 2.14 | Fator de diversidade em função do número de apartamentos

Nº apto	F. div	Nº apto	F. div	Nº apto	F. div	Nº apto	F. div	Nº apto	F. div	Nº apto	F. div
1	1.00	51	35.90	101	63.59	151	74.74	201	80.89	251	82.73
2	1.96	52	36.46	102	63.84	152	74.89	202	80.94	252	82.74
3	2.92	53	37.02	103	64.09	153	75.04	203	80.99	253	82.75
4	3 88	54	37.58	104	94.34	154	75.19	204	81 04	254	82.76
5	4.84	55	38.14	105	64.59	155	75.34	205	81.09	255	82.77
6	5.80	56	38.70	106	64.84	156	75.49	206	81.14	256	82.78
7	6.76	57	39.26	107	65.09	157	75.64	207	81.19	257	82.79
8	7.72	58	39.82	108	65.34	158	75.79	208	81.24	258	82.80
9	8.68	59	40.38	109	65.59	159	75.94	209	81.29	259	82.81
10	9.64	60	40.94	110	65.84	160	76.09	210	81.34	260	82.22
11	10.42	61	11.50	111	66.09	161	76.24	211	81.39	261	82.83
12	11.20	62	42.06	112	66.34	162	76.39	212	81.44	262	82.84
13	11 98	63	42.62	113	66 59	163	76.54	213	81.49	263	82.85
14	12.79	64	43.18	114	66.84	164	76.69	214	81.54	264	82.86
15	13.54	65	43.74	115	67.09	165	76.84	215	81.59	265	82.87
16	14.32	66	44.30	116	67.34	166	76.99	216	81.64	266	82.88
17	15.10	67	44.86	117	67.59	167	77.14	217	81.69	267	82.89
18	15.88	60	45.42	118	67.84	168	77.29	218	81.74	268	82.90
19	16.66	69	45.98	119	68.09	169	77.44	219	81.79	269	82.91
20	17.44	70	46.54	120	68.34	170	77.59	220	81.84	270	82.92
21	18.04	71	47.10	121	68.59	171	77.74	221	81.89	271	82.93
22	18.65	72	47.66	122	68.84	172	77.89	222	81.94	272	82.94
23	19.25	73	48.22	123	69.09	173	78.04	223	81.99	273	82.95
24	19.86	74	48.78	124	69.34	174	78.19	224	82.04	274	82.96
25	20.46	75	49.34	125	69.59	175	78.34	225	82.09	276	82.97
26	21.06	76	49.90	126	69.79	176	78.44	226	82.12	276	83.00
27	21.67	77	50.46	127	69.99	177	78.54	227	82.14	277	83.00
28	22.27	78	51.02	128	70.19	178	78.64	228	82.17	278	83.00
29	22.88	79	51.58	129	70.39	179	78.74	229	82.19	279	83.00
30	23.48	80	52.14	130	70.59	180	78.84	230	82.22	280	83.00
31	24.08	81	52.70	131	70.79	181	78.94	231	82.24	281	83.00
32	24.69	82	53.26	132	70.99	182	79.04	232	82.27	282	83.00
33	25.29	83	53.82	133	71.19	183	79.14	233	82.29	283	83.00
34	25.90	84	54.38	134	71.39	184	79.24	234	82.32	284	83.00
35	26.50	85	61.94	135	71.59	185	79.34	235	82.34	285	83.00
36	27.10	86	55.50	136	71.79	186	79.44	236	82.37	286	83.00
37	27.71	87	56.06	137	71.99	187	79.54	237	82.39	287	83.00
38	28.31	88	56.62	138	72.19	188	79.64	238	82.42	288	83.00
39	28.92	89	57.18	139	72.39	189	79.74	239	82.44	289	83.00
40	29.52	90	57.74	140	72.59	190	79.84	240	82.47	290	83.00
41	30.12	91	58.30	141	72.79	191	79.94	241	82.49	291	83 00
42	30.73	92	58.86	142	72.99	192	80.04	242	82.52	292	83.00
43	31.33	93	59.42	143	73.19	193	80.14	243	82.54	293	83.00
44	31.94	94	59.98	144	73.39	194	80.24	244	82.57	294	83.00
45	32.54	95	60.54	145	73.59	195	80.34	245	82.59	295	83.00
46	33.10	96	61.10	146	73.79	196	80.44	246	82.62	296	83.00
47	33.66	97	61.66	147	73.99	197	80.54	247	82.64	297	83.00
48	34.22	98	62.22	148	74.19	198	80.64	248	82.67	298	83.00
49	34.78	99	62 78	149	74.39	199	80.74	249	82.69	299	83.00
50	35.34	100	63.34	150	74.59	200	80.84	250	82.72	300	83.00

Fonte: Lima Filho (2011, p. 50).

Tabela 2.15 | Demanda (kVA) de apartamento em função da área

Área (m²)	kVA	Área (m²)	kVA	Área (m²)	kVA	Área (m²)	kVA	Área (m²)	kVA	Área (m²)	kVA	Área (m²)	kVA	Área (m²)	kVA
		51	1.18	101	2.17	151	3.12	201	4.03	251	4.91	301	5.78	351	6.63
		52	1.20	102	2.19	152	3.13	202	4.04	252 .	4.93	302	5.80	352	6.65
		53	1.22	103	2.21	153	3.10	203	4.06	253	4.95	303	5.81	353	6.66
		54	1.24	104	2.23	154	3.17	204	4.08	254	4.96	304	5.83	354	6.68
		55	1 26	105	2.25	155	3 19	205	4.10	255	4.98	305	5.85	355	6.70
		56	1 28	106	2 27	156	3 21	206	4.12	256	5.00	306	5.86	356	6.72
		57	1.30	107	2.29	157	3.23	207	4.13	257	5.02	307	5.88	357	6.73
		58	1.32	108	2.31	158	3.25	208	4.15	258	5.03	308	5.90	358	6.75
		59	1.34	109	2.33	159	3.26	209	4.17	259	5.05	309	5.92	359	6.77
		60	1.36	110	2.35	160	3.28	210	4.19	260	5.07	310	5.93	360	6.78
		61	1.38	111	2.37	161	3.30	211	4.20	261	5.09	311	5.95	361	6.80
		62	1.40	112	2.39	162	3.32	212	4.22	262	5.10	312	5.97	362	6.82
		63	1.43	113	2.40	165	3.34	213	4.24	263	5.12	313	5.98	363	6.83
		64	1.45	114	2.42	164	3.36	214	4.26	264	5.14	314	6.00	364	6.85
		65	1.47	115	2.44	165	3.37	215	4.28	265	5.16	315	6.02	365	6.87
		66	1.49	116	2.46	166	3.39	216	4.29	266	5.17	316	6.04	366	6.88
		67	1.51	117	2.48	167	3.41	217	4.31	267	5.19	317	6.05	367	6.90
		68	1.53	118	2.50	168	3.43	218	4.33	268	5.21	318	6.07	368	6.92
		69	1.55	119	2.52	169	3.45	219	4.35	269	523	319	6.09	369	6.93
20	100	70	1.57	120	2.54	170	3.47	220	4.36	270	5.24	320	6.10	370	6.95
21	1.00	71	1.59	121	2.56	171	3.48	221	4.38	271	5.26	321	6.12	371	6.97
22	1.00	72	1.61	122	2.57	172	3.50	222	4.40	272 .	5.28	322	6.14	372	6.98
23	1.00	73	1.63	123	2.59	173	3.52	223	4.42	273	5.29	323	6.16	373	7.00
24	1.00	74	1.65	124	2.61	174	3.54	224	4.44	274	5.31	324	6.17	374	7.02
25	1.00	75	1.67	125	2 63	175	3.56	225	4.45	275	5.33	325	6.19	375	7.03
26	1 00	76	1.69	126	2.65	176	3.57	226	4.47	276	5.35	326	6.21	376	7.05
27	100	77	1.71	127	2.67	177	3.59	227	4.49	277	5.36	327	6.22	377	7.07
28	1.00	78	1.73	126	2.69	178	3.61	223	4.51	278	5.38	328	6.24	378	7.09
29	1.00	79	1.75	129	2.71	179	3.63	229	4.52	279	5.40	329	6.26 .	379	7.10
30	1.00	80	1.76	130	2.73	180	3.65	230	4.54	280	5.42	330	6.27	380	7.12
31	1.00	81	1.78	131	2.74	181	3.67	231	4.56	281	5.43	331	6.29	381	7.14
32	1.00	82	1.80	132	2.76	182	3.68	232	4.5$	282	5.45	332	6.31	382	7.15
33	1.00	83	1.82	133	2.78	183	3.70	233	4.59	283	5.47	333	6.33	383	7.17
34	1.00	84	1.84	134	2.80	184	3.72	234	4.61	284	5.49	334	6.34	384	7.19
35	1.00	85	1.86	135	2.82	185	3.74	235	4.63	285	5.50	335	6.36	385	720
36	1.00	86	1.88	136	2.84	186	3.76	236	4.65	286	5.52	336	6.38	386	7.22
37	1.00	87	1.90	137	2.86	187	3.77	237	4.67	287	5.54	337	6.39	387	7.24
38	1.00	88	1.92	138	2.88	188	3.79	238	4.68	288	5.55	338	6.41	388	7.25
39	1.00	89	1.94	139	2.89	189	3.81	239	4.70	289	5.57	339	6.43	389	7.27
40	1.00	90	1.96	140	2.91	190	3.83	240	4.72	290	5.59	340	6.44	390	7.29
41	1.00	91	1.98	141	2.93	191	3.85	241	4.74	291	5.61	341	6.46	391	7.30
42	1.00	92	2.00	142	2.95	192	3.86	242	4.75	292	5.02	342	6.48	392	7.32
43	1.01	93	2.02	143	2.97	193	3.88	243	4.77	293	5.64	343	6.50	393	7.34
44	1.03	94	2.04	144	2.99	194	3.90	244	4.79	294	5.66	344	6.51	394	7.35
45	1.05	95	2.06	145	3.01	195	3.92	245	4.81	295	5.68	345	6.53	395	7.37
46	108	96	2.08	146	3.02	196	3.94	246	4.82	296	5.69	346	6.55	396	7.39
47	1.10	97	2.10	147	3.04	197	3.95	247	4.84	297	5.71	347	6.56	397	7.40
48	1.12	98	2.12	148	3.06	193	3.97	248	4.36	298	5.73	348	6.58	398	7.42
49	1.14	99	2.14	149	3.08	199	3.99	249	4.88	299	5.74	349	6.60	399	7.44
50	1.16	100	2.16	150	3.10	200	4.01	250	4.89	300	5.76	350	6.61	400	7.45

Fonte: Lima Filho (2011, p. 49).

Tabela 2.16 | Fator de demanda para motores trifásicos

Potência do motor (CV)	Quantidade de motores para mesmo tipo de instalação										
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Quantidade de motores
	1	1.5	1.9	2.3	2.7	3	3.3	3.6	3.9	4.2	Fator diversidade
1/3	0.65	0.98	1.24	1.50	1.76	1.95	2.15	2.34	2.53	2.73	
1/2	0.87	1.31	1.65	2.00	2.35	2.61	2.87	3.13	3.39	3.65	
3/4	1.26	1.89	2.39	2.90	3.40	3.78	4.16	4.54	4.91	5.29	
1	1.52	2.28	2.89	3.50	4.10	4.56	5.02	5.47	5.93	6.38	
$1^{1/2}$	2.17	3.26	4.12	4.99	5.86	6.51	7.16	7.81	8.46	9.11	
2	2.7	4.05	5.13	6.21	7.29	8.10	8.91	9.72	10.53	11.34	
3	4.04	6.06	7.68	9.29	10.91	12.12	13.33	14.54	15.76	16.97	
4	5.03	7.55	9.56	11.57	13.58	15.09	16.60	18.11	19.62	21.13	
5	6.02	9.03	11.44	13.85	16.25	18.86	19.87	21.67	23.48	25.28	
$7^{1/2}$	8.65	12.98	16.44	19.90	23.36	25.95	28.55	31.14	33.74	36.33	
10	11.54	17.31	21.93	26.54	31.16	34.62	38.08	41.54	45.01	48.47	
$12^{1/2}$	14.09	21.14	26.77	32.41	38.04	42.27	46.50	50.72	54.95	59.18	
15	16.65	24.98	31.63	38.29	44.96	49.95	54.95	59.94	64.93	69.93	
20	22.1	33.15	41.99	50.83	59.67	66.30	72.93	79.56	86.19	92.82	
25	25.83	38.75	49.08	59.41	69.74	77.49	85.24	92.99	100.74	108.49	
30	30.52	45.78	57.99	70.20	82.40	91.56	100.72	109.87	119.03	128.18	
40	39.74	59.61	75.51	91.40	107.30	119.22	131.14	143.06	154.99	166.91	
50	48.73	73.10	92.59	112.08	131.57	146.19	160.81	175.43	190.05	204.67	
60	58.15	87.23	110.49	133.74	157.01	174.45	191.90	209.34	226.79	244.23	
75	72.28	108.42	137.33	166.24	195.16	216.84	238.52	260.21	281.89	303.58	
100	95.56	143.34	181.56	219.79	258.01	286.68	315.35	344.02	372.68	401.35	
125	117.05	175.58	222.40	269.22	316.04	351.15	386.27	421.38	456.50	491.61	
150	141.29	211.94	263.45	324.97	381.43	423.87	466.26	508.64	551.03	593.42	
200	190.18	285.27	361.34	437.41	513.49	570.54	627.59	684.65	741.70	798.76	

Fonte: Lima Filho (2011, p. 51).

Sem medo de errar

Vamos agora retomar a situação-problema apresentada no início da seção. Sua empresa foi contratada para desenvolver o projeto elétrico de um condomínio residencial, e seu coordenador lhe atribuiu a função de dimensionar o padrão de entrada com base na potência instalada e na demanda máxima.

Esse dimensionamento é fundamental para que a concessionária informe quais os condutores e dispositivos de proteção da entrada da residência. Também com essas informações a concessionária poderá dimensionar os demais equipamentos da rede elétrica que serão necessários para esse novo condomínio. A Tabela 2.8 foi enviada por seu coordenador, e os fatores de demanda foram consultados na concessionaria local: valores de 0,4 para a iluminação e 0,3 para as tomadas de uso geral (esses dados são baseados na potência instalada).

Tabela 2.8 | Lista de cargas da residência

Carga	Potência	Fator de Potência
Iluminação LED	$2000W$	0,95
Tomadas de uso Geral	$5000W$	0,8
Chuveiro	$7600W$	1,0
Micro-ondas	$1500W$	0,8

Fonte: elaborada pelo autor.

Para o dimensionamento da demanda é necessário que todas as cargas estejam apresentadas com a unidade Volt-ampere. Utilizando o fator de potência fornecido pela concessionária local podemos calcular a potência aparente de cada carga por meio da seguinte equação.

$$S = \frac{P}{fp}$$

Assim, fomos capazes de elaborar a tabela utilizando os seguintes cálculos:

$$S = \frac{2000}{0,95} = 2105VA$$

$$S = \frac{5000}{0,8} = 6250VA$$

$$S = \frac{7600}{1} = 7600VA$$

$$S = \frac{1500}{0,8} = 1875VA$$

Tabela 2.17 | Cargas com potência em Volt-ampere

Carga	Potência
Iluminação LED	2105 VA
Tomadas de uso Geral	6250 VA
Chuveiro	7600 VA
Micro-ondas	1875 VA

Fonte: elaborado pelo autor.

Com esses dados podemos calcular a demanda total, lembrando de que o fator de demanda é 0,4 para a iluminação e 0,3 para as TUGs; os demais equipamentos utilizarão o fator de demanda 1.

$$D = 2105.0,4 + 6250.0,3 + 7600.1 + 1875.1 = 12192VA = 12,2kVA$$

A potência instalada é a soma da potência nominal dos equipamentos, sendo 16100 W e a demanda máxima é de 12200 VA. Com esses dados você é capaz de consultar a norma da concessionária local para determinar os cabos e dispositivos de proteção da entrada da residência.

Calcula do fator de demanda industrial

Descrição da situação-problema

Você trabalha em uma empresa no setor automotivo que, por estar crescendo nos últimos anos, decidiu aumentar o consumo de energia elétrica para poder aumentar também a produção. Ao entrar em contato com a concessionária local, foi solicitado o novo fator de demanda da empresa. Para determinar essa solicitação, você foi encarregado de instalar um medidor na entrada da empresa para medir o consumo de energia em um período de trabalho. Com essas medições você conseguiu montar a Tabela 2.18. A fim de determinar a potência instalada, você percorreu toda a empresa fazendo o levantamento da potência nominal de todos os equipamentos elétricos, encontrando o valor de 16 kVA. Com essas informações é possível informar a concessionária o novo fator de demanda?

Tabela 2.18 | Valores de medição de demanda

Horário	Demanda
8:00 às 10:00	10,2kVA
10:00 às 12:00	9,2kVA
12:00 às 14:00	8,2kVA
14:00 às 16:00	13,2kVA
16:00 às 18:00	12,2kVA

Fonte: elaborada pelo autor.

Resolução da situação-problema

O cálculo do fator de demanda deve ser feito com base na Equação 2.1, em que a demanda máxima é 13,2 kVA e a potência instalada é 16 kVA.

$$FD = \frac{D_{\max}}{P_{inst}} = \frac{13,2x10^3}{16x10^3} = 0,825$$

Com esse novo fator de potência a concessionária dimensionará e verificará se a linha de entrada da empresa está comportando esse aumento de carga, e se há a necessidade de alguma alteração.

Faça valer a pena

1. Uma instalação elétrica contém diversos equipamentos conectados à rede elétrica, e cada aparelho apresenta uma potência nominal associada fornecida pela fabricante. Esse conjunto de aparelhos consumindo energia ao longo de um período apresenta um comportamento específico.

Assinale a alternativa correta:
a) A potência instalada é a potência média em um período de tempo.
b) A potência instalada é a soma da potência nominal de todos os equipamentos de uma instalação.
c) A demanda máxima é a soma da potência nominal de todos os equipamentos de uma instalação.
d) A demanda não varia ao longo de um período de tempo.
e)A demanda não apresenta um valor máximo.

2. Considere uma residência com uma potência instalada de 2000 VA para as tomadas de uso geral e para a iluminação dos cômodos da residência, um fator de demanda de 0,45 e um chuveiro elétrico de 4600 W com fator de potência igual a um.

Calcule a demanda da residência.
a) 1500 VA.
b) 2000 VA.
c) 3500 VA.
d) 6600 VA.
e) 5500 VA.

3.A demanda é uma medida do consumo de energia elétrica que varia ao longo de um período de tempo. Essa informação é muito importante para as concessionárias dimensionarem os transformadores locais. Considere que o fator de demanda é 0,45 e a potência instalada é de 15 kVA.

Calcule a demanda máxima.
a) 6,75 kVA.
b) 8,35 kVA.
c) 3,79 kVA.
d) 8,72 kVA.
e) 6,53 kVA.

Seção 2.3

Fornecimento de energia: padrão e dimensionamento

Diálogo aberto

Na seção anterior estudamos o conceito de demanda elétrica, aprendemos como calculá-la e conhecemos sua importância para o dimensionamento do padrão de entrada de uma residência. Vimos também que as concessionárias dependem da demanda das residências para o dimensionamento das linhas de distribuição, dos transformadores e dos demais componentes da rede de distribuição.

Vamos recapitular: você foi contratado como estagiário em uma empresa de projetos elétricos para diversas áreas. A prefeitura local, por meio de um processo licitatório, contratou sua empresa para o desenvolvimento do projeto elétrico de um condomínio residencial na cidade.

Depois de ajudar nos cálculos da demanda elétrica das residências, você foi encarregado de fiscalizar o andamento das obras do condomínio, que foi sua primeira experiência em campo na empresa.

No andamento das obras, o encarregado dos eletricistas o chama com uma dúvida em um dos projetos do padrão de entrada que será instalado em algumas residências do condomínio. Ele alega que o padrão trifásico apenas pode ser instalado em indústrias e que para residências a concessionária autoriza somente a instalação de sistemas monofásicos e bifásicos. O eletricista tem razão em não instalar o padrão na residência? Você seria capaz de citar os parâmetros que determinam a classificação do padrão de entrada?

Nesta seção estudaremos o sistema de distribuição de energia elétrica, os limites de fornecimentos de energia para residências e como as concessionárias fazem essa classificação e divisão do fornecimento de energia elétrica. Verificaremos quais modelos de padrão de entrada existem, bem como as vantagens e desvantagens de sua aplicação.

Você já se deparou com residências que apresentam apenas tomadas com tensão de 127 V? Será que essa condição gera algum problema para os moradores? Existe alguma vantagem ou benefício em ter tomadas 220 V em uma residência?

Com base no texto a seguir, você será capaz de responder todas essas perguntas e de dimensionar um padrão de entrada que atenda a todas as necessidades, apresentando um ótimo custo/benefício para o cliente.

Sistema de Distribuição

Atualmente do Brasil existem mais de 50 empresas de concessão de energia elétrica, e entre elas podemos citar: a Elektro, a CPFL, a Eletropaulo e a Cemig, entre outras espalhadas por toda extensão do território nacional.

Cada concessionária estabelece normas e limites de fornecimento de energia para clientes individuais ou coletivos e separa outra classe de fornecimento para clientes industriais com fornecimentos em média tensão.

Com base na potência instalada e da demanda máxima do cliente, a concessionária estabelece qual deve ser o sistema de fornecimento, sendo apresentado pelo número de fases mais um neutro, que são conhecidos como sistemas monofásicos, bifásicos e trifásicos.

O sistema de distribuição é caracterizado pela tensão entre fase e fase, fase e neutro, número de condutores e frequência nominal, que vale 60Hz em todo território nacional.

Definições

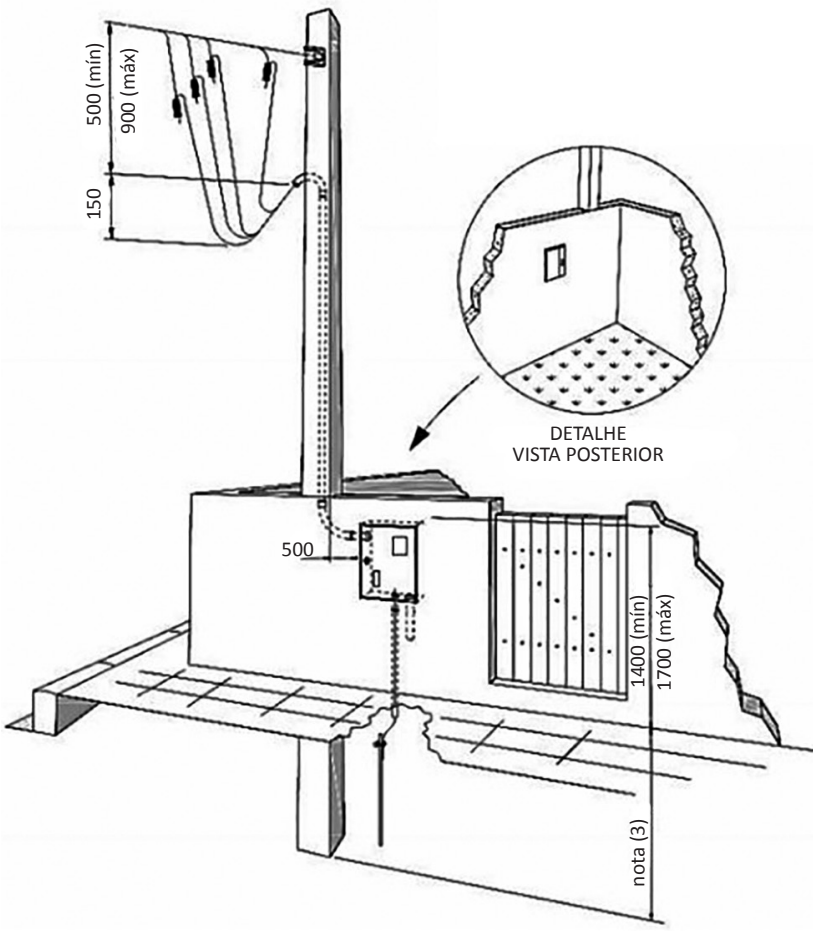
A seguir apresentaremos algumas nomenclaturas encontradas nas normas técnicas das concessionárias de energia elétrica.

- **Consumidor**: pessoa física ou jurídica que solicitar à concessionária o fornecimento de energia elétrica.
- **Unidade Consumidora**: área de fornecimento de energia elétrica que apresenta apenas um consumidor e um único ponto de entrada de energia.
- **Ponto de Entrega:** ponto de conexão entre o sistema de distribuição e a nova unidade consumidora, sendo de total responsabilidade da concessionária a garantia do fornecimento da ligação e eventuais manutenções necessárias até esse ponto de conexão.
- **Ramal de ligação:** condutores utilizados para derivar do sistema de distribuição até o ponto de entrega.
- **Padrão de Entrada:** conjunto de componentes instalado dentro da unidade consumidora, formada por dispositivo de proteção, poste, condutores, centro de medição e ramal de derivação.

A Figura 2.4 ilustra o padrão de entrada da Companhia Paranaense Energia (COPEL), com medição em muro frontal e saída embutida, utilizado para sistemas de uma, duas ou três fases, e a Figura 2.5 apresenta uma central de medição coletiva da concessionária Elektro com entrada trifásica.

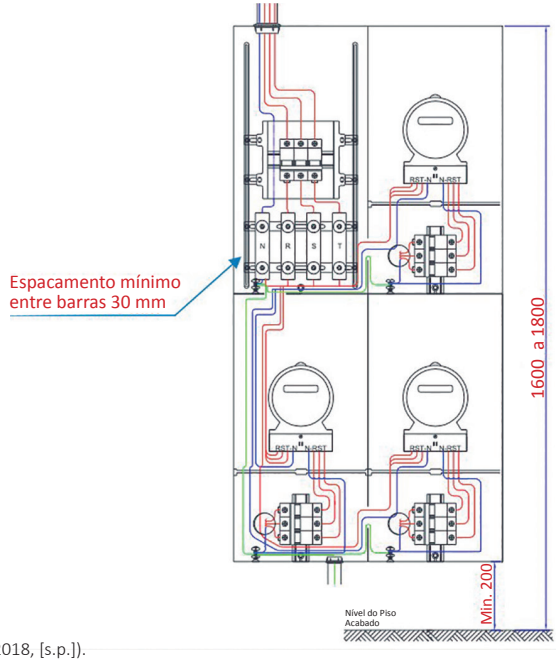
Uma observação importante sobre os materiais utilizados para construção da entrada de energia é que esses devem ser homologados pela concessionária conforme sua norma técnica.

Figura 2.4 | Medição em muro frontal – saída embutida ou subterrânea



Fonte: Elektro (2018, [s.p.]).

Figura 2.5 | Detalhe da central de medição coletiva



Fonte: Elektro (2018, [s.p.]).

Saiba mais

Acesse o site da sua concessionária local e procure a norma vigente que estabelece as condições e desenhos dos padrões de entrada. Verifique quais as diferenças entre eles. Verifique na região qual tipo de ligação (monofásica, bifásica ou trifásica) sua concessionária fornece para unidades individuais de consumo.

Para maiores informações acesse a norma ND.10 e ND.26 da Elektro, referentes ao fornecimento de energia em baixa tensão para o consumidor individual e coletivo. Também é possível acessar a NTC 901100 da Copel sobre fornecimento de unidades consumidoras em baixa tensão. Para outras informações, acesse a norma ND.10 e ND.26 da Elektro ou NTC 901100 da Copel.

ELEKTRO. **ND.10 | Fornecimento de Energia Elétrica em Tensão Secundária a Edificações Individuais**. Revisão 11, set. 2018.

ELEKTRO. **ND.26 | Fornecimento de Energia Elétrica em Tensão Secundária a Edificações Individuais**. Revisão 05, ago. 2018.

COPEL DISTRIBUIÇÃO. **NTC 901100 | Normas Técnicas Copel**. Abr. 2016.

Limites de Fornecimento

Cada concessionária estabelece o limite máximo de potência instalada, de demanda e de tipo de carga que as instalações residenciais podem receber. No geral temos um consenso que a potência máxima instalada em residências de baixa tensão é de 75 kW. A Tabela 2.19 apresenta a classificação dos ramais de entrada (B0, M1, B1, T1, T2, T3, T4) pela concessionária Elektro, sendo a potência máxima instalada de 75 kWe em uma demanda máxima de 76 kVA. Como podemos observar com essas informações, a empresa fornece todos os parâmetros dos componentes que devem ser instalados na entrada de energia. Disjuntores, cabos de entrada, tamanho da caixa, entre outros, são exemplos.

Tabela 2.19 | Dimensionamento do ramal de entrada – tensões de fornecimento 127/220 V e 220/380 V

CAT	TEN-SÃO	KW		KVA		DISJ GERAL	TIPO MEDI-ÇÃO	TEN-SÃO	RAMAL			CIRCUITO ALIMENTADOR		CAIXA
									ENTRADA		LIGAÇÃO (ELEKTRO)			
		DE	ATÉ	DE	ATÉ				FORCECI-MENTO ELEKTRO	FORCECI-MENTO CLIENTE		EMBUTIDO	AÉREO	
B0	115/ 230V	0	23			63A	DIR	230V	AL-16(16) (XLPE)		AL-16(16) ()XLPE	CU 16(16) (XLPE/EPR)	CU 16(16) (XLPE)	D
M1	127/ 220V		11					127V						
B1			23					220V						
T1			75	0	24									
T2				24	38	100A				CU 25(25) (XLPE/ EPR)	AL-25(25) (XLPE)	CU 25(25) (XLPE/EPR)		
T3				38	57	150A	IND			CU 50(50) (XLPE/ EPR)	AL-50(50) (XLPE)	CU 50(50) (XLPE/EPR)		I
T4				57	76	200A				CU 70(70) (XLPE/ EPR)	AL-70(70) (XLPE)	CU 70(70) (XLPE/EPR)		
M2	220/ 380V		20			63A	DIR		AL-16(16) ()XLPE		AL-16(16) (XLPE)	CU-16(16) (XLPE/EPR)	AL-16(16) (XLPE)	D
B2			40					380V						
T5			75	0	40									
T6				40	65	100A				CU 25(25) (XLPE/ EPR)	AL-25(25) (XLPE)	CU 25(25) (XLPE/EPR)	AL-25(25) (XLPE)	
T7				65	82	125A	IND			CU 35(35) (XLPE/ EPR)	AL-50(50) (XLPE)	CU 35(35) (XLPE/EPR)	AL-50(50) (XLPE)	I

Fonte: Elektro (2018, [s.p.]).

Exemplificando

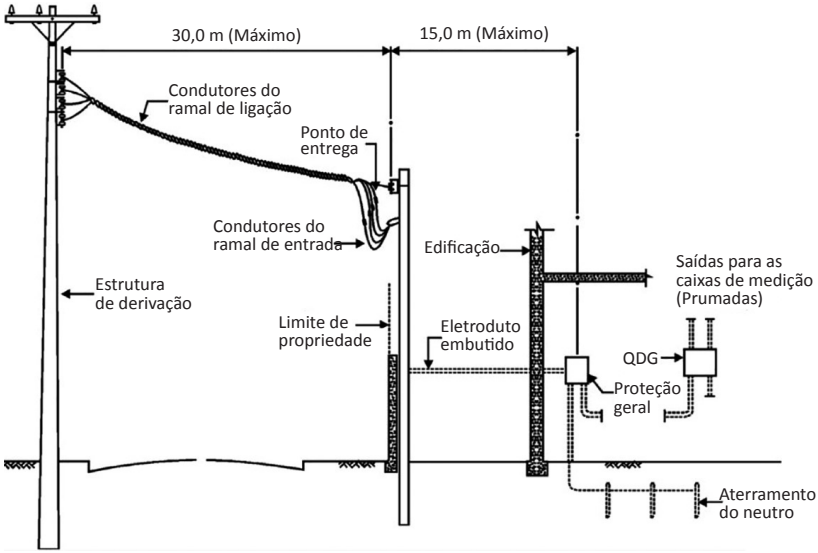
Uma residência com potência instalada de 45 kW e demanda máxima de 39 kVA será construída na região na concessionária Elektro. Com base na Tabela 2.19, qual seria o disjuntor de entrada recomendado pela concessionária?

Com base nessas informações podemos verificar a classificação da residência na categoria T3. Isso implica na utilização de um disjuntor geral de 150 A na entrada da residência.

No caso de edificações coletivas, a demanda máxima varia de 75 kVA na COPEL (NTC 901110) ou 95 kVA para a CEMIG (ND 5.2), sendo a alimentação diretamente da rede de distribuição de baixa tensão. Para demandas superiores, é necessário que a concessionaria instale um transformador abaixador no poste exclusivo para fornecimento de energia à unidade requerente.

Esse equipamento recebe ligação diretamente da rede primária de distribuição, sendo possível sua instalação na propriedade da unidade, dependendo da demanda da instalação. A Figura 2.6 apresenta o padrão de fornecimento a edificações de uso coletivo pela empresa CEMIG até 95 kVA.

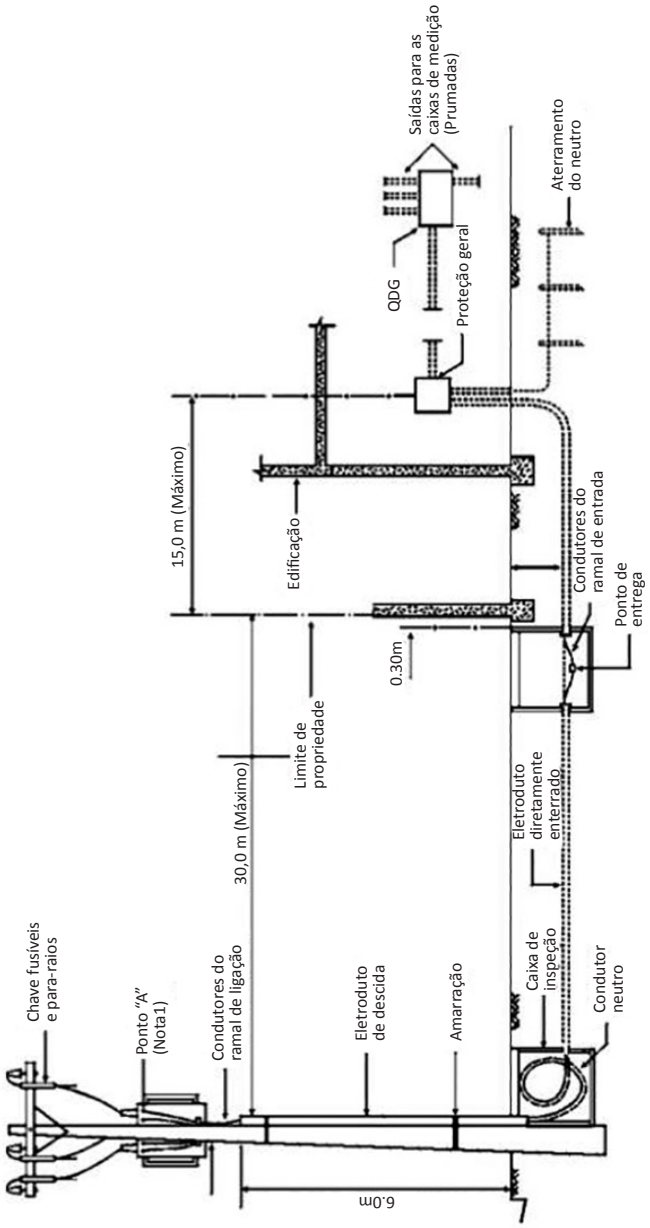
Figura 2.6 | Fornecimento de Unidade Coletiva pela CEMIG



Fonte: Filho (2011, p. 103).

A Figura 2.7 apresenta o padrão de entrada para a unidade consumidora entre 95 e 245 kVA, nesse caso deve-se instalar um transformador exclusivo para a demanda requerida.

Figura 2.7 | Entrada de Serviço Subterrânea- Edifícios com Demanda entre 95 e 245 kVA



Fonte: Filho (2011, p. 103).

Dimensionando a entrada de serviço.

Assimile

Como mencionado no texto, existem mais de 50 concessionarias de energia elétrica no Brasil, sendo cada uma responsável pela normativa e classificação do ramal de entrada. Por isso, é de extrema importância seguir, sempre, a norma técnica da concessionária local, pois pode haver divergências entre elas, a depender do local de atuação do projetista.

As concessionárias de energia elétrica especificam o padrão de entrada com base na potência instalada e na demanda máxima tanto para edifícios de uso coletivo como para consumidores individuais. A Figura 2.5 apresenta o dimensionamento feito pela Elektro, e na Tabela 2.20 segue a classificação feita pela concessionária CEMIG para unidades coletivas.

Reflita

Como discutido no texto, cada concessionária apresenta um padrão e uma classificação do ramal de entrada diferentes, isso exige que o projetista sempre esteja atualizado e busque novas informações, diariamente, dependendo do local e das condições de instalação.

O Brasil deveria padronizar, em um único documento, essas informações para que todas as concessionárias adotem o mesmo modelo?

Tabela 2.20 | Dimensionamento do ramal alimentador de unidades consumidoras de edifícios de uso coletivo. Fonte: ND 5.2 – Cemig

Fornecimento		Carga instalada		Numero de		Proteção	Ramal de Derivação			Aterramento	Medição		
								Eletroduto					
								PVC	Aço				
		De	Até			Disjuntor Termomagnético	Condutor Cobre PVC 70ºC	Diâmetro Nominal		Condutor de Proteção das Caixas	Corrente Nominal/ Maxima Medidor	Número de Elementos Medidor	Trasf. Corrente (FT-2)
Tipo	Faixa	kW		Fios	Fases	A	mm²	mm		mm2	A	-	I2/I2
A	A1	-	5	2	1	40	6	32	25	6	15/60	1	-
	A2	5,1	10			70	16	32	25		15/100		
B	-	10,1	15	3	2	60	16	32	25	6	15/60 15/100	2	-
D	D1	15,1	23	4	3	60	16	32	25	16	15/; 30/120	3	200/5
	D2	23,1	27			70	25	40	32				
	D3	27,1	38			100	35						
	D4	38,1	47			120	50	50	40		2,5/10		

Fonte: Filho (2011, p. 115).

Sem medo de errar

Você foi contratado para estagiar em uma empresa de projetos elétricos, depois de algumas participações nos projetos em andamento, você foi encarregado de fiscalizar a obra do condomínio residencial, que está na fase de ligação das residências com a rede de distribuição elétrica de baixa tensão.

Para essa ligação estão sendo instalados postes homologados pela concessionária que constituem o padrão de entrada residencial. O eletricista encarregado pelas obras elétricas está com uma dúvida em relação ao padrão de uma das residências, ele está alegando que o sistema a três fios conhecido como trifásico apenas pode ser utilizado em indústrias. Ele deve continuar a instalação ou solicitar a troca pelo sistema bifásico? Você é capaz de explicar ao eletricista os parâmetros que determinam a classificação do padrão de entrada?

A ligação entre a rede de distribuição e a unidade consumidora pode ser feita por meio de 2 fios, monofásica, 3 fios, bifásica e a 4 fios, trifásica. Essa classificação varia de concessionária para concessionária e tem como base a potência instalada e a demanda máxima requerida pelo cliente. Supondo que a concessionária local da instalação do condomínio seja a Elektro, podemos verificar que ela disponibiliza o sistema trifásico para residências com tensão de 127/220V para potência instalada superior a 23 kW, isso implica a categoria T1, T2, T3 ou T4.

Tabela 2.21 | Dimensionamento do ramal de entrada – tensões de fornecimento 127/220 V e 220/380 V

CAT	TENSÃO	KW		KVA		DISJ GERAL	TIPO MEDIÇÃO	TENSÃO	RAMAL			CIRCUITO ALIMENTADOR		CAIXA
									ENTRADA					
		DE	ATÉ	DE	ATÉ				FORCECIMENTO ELEKTRO	FORCECIMENTO CLIENTE	LIGAÇÃO ELEKTRO	EMBUTIDO	AÉREO	
B0	115/230V	0	23			63A	DIR	230V	AL-16(16)() XLPE		AL-16(16)() XLPE	CU 16(16) (XLPE/EPR)	CU 16(16) (XLPE)	D
M1	127/220V		11					127V						
B1			23					220V						
T1			75	0	24									
T2				24	38	100A				CU 25(25) (XLPE/EPR)	AL-25(25) (XLPE)	CU 25(25) (XLPE/EPR)		
T3				38	57	150A	IND			CU 50(50) (XLPE/EPR)	AL-50(50) (XLPE)	CU 50(50) (XLPE/EPR)		I
T4				57	76	200A				CU 70(70) (XLPE/EPR)	AL-70(70) (XLPE)	CU 70(70) (XLPE/EPR)		
M2	220/380V		20			63A	DIR		AL-16(16) ()XLPE		AL-16(16) (XLPE)	CU-16(16) (XLPE/EPR)	AL-16(16) (XLPE)	D
B2			40					380V						
T5			75	0	40									
T6				40	65	100A				CU 25(25) (XLPE/EPR)	AL-25(25) (XLPE)	CU 25(25) (XLPE/EPR)	AL-25(25) (XLPE)	
T7				65	82	125A	IND			CU 35(35) (XLPE/EPR)	AL-50(50) (XLPE)	CU 35(35) (XLPE/EPR)	AL-50(50) (XLPE)	I

Fonte: Elektro (2018, [s.p.]).

Assim você foi capaz de apresentar as informações para o eletricista encarregado, que continuará com a instalação dos padrões de entrada trifásico. Cabe destacar que todos os materiais utilizados na obra devem ser homologados pela concessionária local.

Nesta seção apresentamos os tipos de ligação possíveis entre a rede de distribuição e a unidade consumidora, explicamos quais os parâmetros para determinar a categoria do padrão de entrada e como ele pode variar de local para local.

Avançando na prática

Dimensionamento da entrada de energia de uma unidade coletiva

Descrição da situação-problema

Você é sócio fundador de uma empresa de consultoria em projetos residenciais e industriais, recentemente uma construtora entrou em contato para a realização de um projeto de um prédio na região da concessionária CEMIG, que apresenta uma área de 80 m^2. Na primeira reunião com o cliente foi levantada a necessidade de instalar o padrão de entrada de energia para dar início às obras da civil. Para dar entrada à concessionária local, foi levantado que a potência instalada é de 37700 W e a demanda máxima é de 30,25 kVA. O cliente está aguardando as informações dos componentes do padrão de entrada.

Resolução da situação-problema

Com base nessas informações podemos verificar a tabela abaixo que a concessionária CEMIG disponibiliza para unidades coletivas.

Tabela 2.22 | Dimensionamento do Ramal Alimentador de Unidades Consumidoras de Edificios de Uso Coletivo. Fonte: ND 5.2 – Cemig

Forneci-mento		Carga instalada		Número de		Proteção	Ramal de Derivação			Aterra-mento	Medição		
Tipo	Faixa			Fios	Fases	Disjuntor Termo-magnético	Condutor Cobre PVC 70ºC	Eletroduto		Condutor de Prote-ção das Caixas	Corrente Nominal/ Maxima Medidor	Número de Ele-mentos Medidor	Trasf. Corrente (FT-2)
								PVC	Aço				
		De	Até					Diâmetro Nominal					
		kW				A	mm²	mm		mm2	A	-	I2/I2
A	A1	-	5	2	1	40	6	32	25	6	15/60	1	-
	A2	5,1	10			70	16	32	25		15/100		
B	-	10,1	15	3	2	60	16	32	25	6	15/60 15/100	2	-
D	D1	15,1	23	4	3	60	16	32	25	16	15/120 30/120	3	
	D2	23,1	27			70	25	40	32				
	D3	27,1	38			100	35						
	D4	38,1	47			120	50	50	40		2,5/10		200/5
	D5	47,1	57			150	70	60	50				
	D6	57,1	66			175	95	75	65				

Fonte: Filho (2011, p.115).

Como pode-se observar, a categoria em que o prédio se encontra é a D3; Trifásico; Tensão entre fases: 220 V; Disjuntor de Proteção Geral: 100A; Ramal de Ligação: 35 (35) mm2 cobre (PVC); Eletroduto: 40 mm (PVC). Com essas informações, o cliente poderá dar início à compra dos materiais e, após a ligação da concessionária, às obras da civil.

Faça valer a pena

1. Existem diversos termos técnicos para situações especificas em instalações elétricas de baixa tensão. De acordo com as normas técnicas das concessionárias de energia elétrica, a que se refere o termo Ramal de Entrada do âmbito elétrico?

Assinale a alternativa verdadeira.

a) Pessoa fisica ou jurídica que solicitar à concessionária o fornecimento de energia elétrica.

b) Área de fornecimento de energia elétrica que apresenta apenas um consumidor e um único ponto de entrada de energia.

c) Conjunto de componentes instalado dentro da unidade consumidora, formado por dispositivo de proteção, poste, condutores, centro de medição e ramal de derivação
d) Conexão entre o padrão de entrada e a instalação residencial.
e) Condutores utilizados para derivar o sistema de distribuição até o ponto de entrega.

2. O dimensionamento do padrão de entrada é feito com base em duas informações importantes: a potência instalada e a demanda máxima. Suponha uma potência instalada de 45 kW e uma demanda máxima de 12 kVA com base na tabela abaixo.

Tabela | Dimensionamento do ramal de entrada – tensões de fornecimento 127/220 V e 220/380 V

CAT	TEN-SÃO	KW		KVA		DISJ GERAL	TIPO MEDI-ÇÃO	TEN-SÃO	RAMAL			CIRCUITO ALIMENTADOR		CAIXA
									ENTRADA		LIGAÇÃO (ELEKTRO)			
		DE	ATÉ	DE	ATÉ				FORCECI-MENTO ELEKTRO	FORCECI-MENTO CLIENTE		EMBUTIDO	AÉREO	
B0	115/ 230V	0	23			63A	DIR	230V	AL-16(16) (XLPE)		AL-16(16) ()XLPE	CU 16(16) (XLPE/EPR)	CU 16(16) (XLPE)	D
M1	127/ 220V		11					127V						
B1			23					220V						
T1			75	0	24									
T2				24	38	100A				CU 25(25) (XLPE/ EPR)	AL-25(25) (XLPE)	CU 25(25) (XLPE/EPR)		
T3				38	57	150A	IND			CU 50(50) (XLPE/ EPR)	AL-50(50) (XLPE)	CU 50(50) (XLPE/EPR)		I
T4				57	76	200A				CU 70(70) (XLPE/ EPR)	AL-70(70) (XLPE)	CU 70(70) (XLPE/EPR)		
M2	220/ 380V		20			63A	DIR		AL-16(16) ()XLPE		AL-16(16) (XLPE)	CU-16(16) (XLPE/EPR)	AL-16(16) (XLPE)	D
B2			40					380V						
T5			75	0	40									
T6				40	65	100A				CU 25(25) (XLPE/ EPR)	AL-25(25) (XLPE)	CU 25(25) (XLPE/EPR)	AL-25(25) (XLPE)	
T7				65	82	125A	IND			CU 35(35) (XLPE/ EPR)	AL-50(50) (XLPE)	CU 35(35) (XLPE/EPR)	AL-50(50) (XLPE)	I

Fonte: Elektro (2018, [s.p.]).

Qual a categoria do padrão de entrada recomendado?
a) T1.
b) T2.
c) T3.
d) M1.
e) B0.

3. As concessionárias de energia elétrica apresentam suas normas técnicas, suas classificações de demanda e sua potência instalada para determinar a categoria de ligação de novas unidades individuais e coletivas ao sistema de distribuição de energia elétrica.

Assinale a alternativa correta.
a) Unidades coletivas apenas podem ser ligadas na rede secundária de distribuição de energia elétrica.
b) Unidades coletivas, a partir de certa potência, podem ser conectadas à rede primária de distribuição por meio de um transformador abaixador.
c) Unidades individuais só podem ser ligadas no sistema monofásico.
d) Unidades individuais têm que apresentar uma demanda mínima de 33 kVA para serem ligadas ao sistema de distribuição.
e) Unidades coletivas são definidas para os clientes apenas com mais de 10 medidores de energia.

Referências

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 5410: Instalações Elétricas em Baixa Tensão: Referências**. Rio de Janeiro, 2004.

CREDER, H. **Instalações elétricas**, Rio de Janeiro: LTC, 2018.

ELEKTRO. **Fornecimento de Energia Elétrica em Tensão Secundaria a Edificações Individuais**. Campinas, 2018.

FILHO, D. L. **Projetos de Instalações Elétricas Prediais**. 12. ed. São Paulo: Saraiva, 2011.

Unidade 3

Dimensionamento em um projeto de instalações elétricas de baixa tensão

Convite ao estudo

Iniciamos mais uma unidade do nosso curso de instalações elétricas em baixa tensão, na qual abordaremos o modo como é feita a divisão dos circuitos, isto é, como conceber o agrupamento de tomadas e iluminação, além de estudarmos o dimensionamento dos eletrodutos e dos condutores utilizados na instalação elétrica. Você já tentou lançar um cabo por um eletroduto e muitas vezes esse não tinha espaço para a passagem de mais cabos? Ou você já se perguntou por que existem cabos de diferentes seções?

Essas dúvidas serão abortadas no decorrer das próximas seções. Esta unidade tem como objetivo prepará-lo para as dificuldades na execução de projetos elétricos e conceber o dimensionamento dos componentes de um projeto elétrico de baixa tensão, como circuitos terminais, eletrodutos e condutores.

Para visualizar e fixar melhor os conceitos abordados, vamos imaginar a seguinte situação: você trabalha em uma empresa de projetos elétricos, sendo esse seu segundo ano atuando na área de projetos elétricos de baixa tensão. Um novo projeto chegou e seu coordenador marcou uma reunião com toda a equipe para apresentar esse novo desafio. Trata-se de uma residência de alto padrão, com 3 pavimentos e uma área construída de 450 m^2. Para agilizar o andamento do projeto elétrico, ele foi divido em quatro partes, sendo designado a você o dimensionamento dos condutores e eletrodutos, bem como a responsabilidade de posicionar o quadro de distribuição geral. Entre todas as etapas da elaboração do projeto elétrico, o dimensionamento dos condutores e eletrodutos é de extrema importância e impacta diretamente na segurança e no orçamento da obra.

Você já teve que comprar algum material elétrico? Percebeu a quantidade e a variedade de condutores e eletrodutos existentes?

Nesta unidade vamos verificar os efeitos de externos e internos para o dimensionamento dos cabos, como a norma NBR 5410 rege o dimensionamento dos eletrodutos, além de dar dicas e sugestões para o posicionamento do quadro de distribuição.

Esperamos que a leitura seja agradável e muito produtiva, pois esse material foi desenvolvido com a finalidade de formar um profissional mais qualificado e preparado para o mercado de trabalho. Bons estudos!

Seção 3.1

Divisão da instalação em circuitos

Diálogo aberto

Iniciaremos mais uma seção do curso de instalações elétricas de baixa tensão. No momento nosso foco é em como agrupar as cargas em circuitos menores para facilitar seu manuseio, a manutenção e o acionamento. Você já teve que trocar um chuveiro e foi necessário o desligamento do disjuntor geral da residência? Alguns locais podem não apresentar um quadro de distribuição, tendo apenas um disjuntor localizado do padrão de entrada. Imagine ter que desligar o disjuntor geral para fazer alguma troca de componente no período noturno sem iluminação adequada.

Os problemas apresentados são comuns em instalações que não estão seguindo a norma corretamente e não ocorrem em uma instalação em que o projetista tem em mente que deve sempre seguir as normas vigentes de instalações elétricas.

Para fixar melhor o conteúdo abordado, vamos contextualizar uma situação imaginária em que você trabalha em uma empresa de projetos elétricos, que foi contratada para desenvolver um projeto de alto padrão: uma residência de 450 m^2 de área construída formada por vários pavimentos.

Seu coordenador chamou a equipe para uma reunião em que serão divididas as tarefas para a realização do projeto elétrico, e você inicialmente foi alocado para determinar a posição do quadro de distribuição com base nas cargas elétricas. Para essa atividade é necessário conhecer o posicionamento de cada carga elétrica e suas potências correspondentes. As cargas são distribuídas com base na NBR 5410, apresentada nas seções anteriores. Com essas informações adquiridas através do diagrama elétrico, você será capaz de determinar a melhor posição com base técnica para o quadro de distribuição, o que impactará diretamente no custo dos cabos e nos eletrodutos, sendo muito importante um embasamento técnico para a tomada de sua decisão.

Nesta seção vamos verificar como a NBR 5410 especifica o agrupamento das cargas em circuitos terminais, além de explicar um método para posicionar melhor o quadro de distribuição e apresentar a simbologia utilizada nos diagramas elétricos.

Bons estudos!

Localização e especificação das tomadas de uso geral e específico e outros pontos

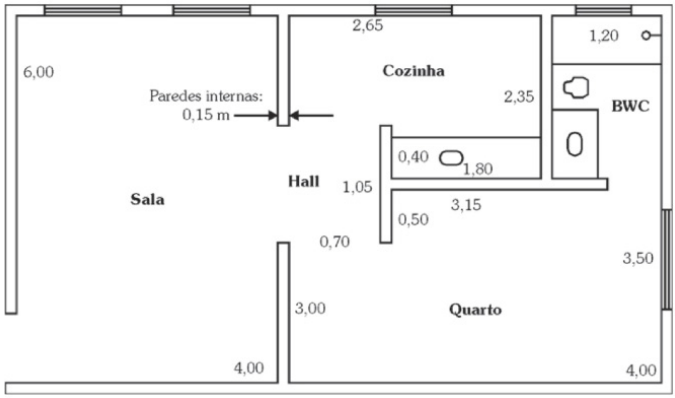
Feito o dimensionamento da potência elétrica e do número mínimo de tomadas por cômodo, seguindo as orientações da NBR 5410, inicia-se a fase de posicionar esses componentes. Para representação no diagrama elétrico, é recomendada a utilização da NBR 5444: simbologia gráfica para instalações elétricas prediais. O projetista, ao desenhar o diagrama elétrico, deve seguir um padrão de simbologia e, ao final, construir uma legenda para auxiliar no entendimento do projeto elétrico. A seguir são apresentadas algumas dicas e considerações para posicionar os componentes elétricos, como tomadas, interruptores, luminárias, entre outros:

- É importante observar o projeto estrutural para não posicionar os pontos elétricos em vigas ou colunas;
- É necessário verificar as interferências com instalações hidráulicas, de incêndios, de emergências, de rede, entre outras;
- É preciso manter uma comunicação com o cliente para entender as necessidades de cada cômodo para o posicionamento das tomadas e interruptores. Na eventual ausência, verificar com o arquiteto ou engenheiro civil a melhor distribuição.
- Deve-se distribuir a iluminação o mais homogeneamente possível, seguindo o projeto luminotécnico, possibilitando o destaque de áreas ou objetos.
- É necessário prever a localização de tomadas de uso geral (TUG) sobre as eventuais bancadas existentes em copas, cozinhas, áreas de serviço e banheiros. As tomadas de uso específico (TUE) devem ser posicionadas a no máximo 1,5 m do equipamento e também devem ser previstos pontos para internet, telefone, cabeamento para a televisão e outras necessidades.

Exemplificando

Com base na planta baixa apresentada na Figura 3.1 e na Tabela 3.1, posicione as tomadas e os pontos de luz.

Figura 3.1 | Planta baixa



Fonte: Lima Filho (2011, p. 62).

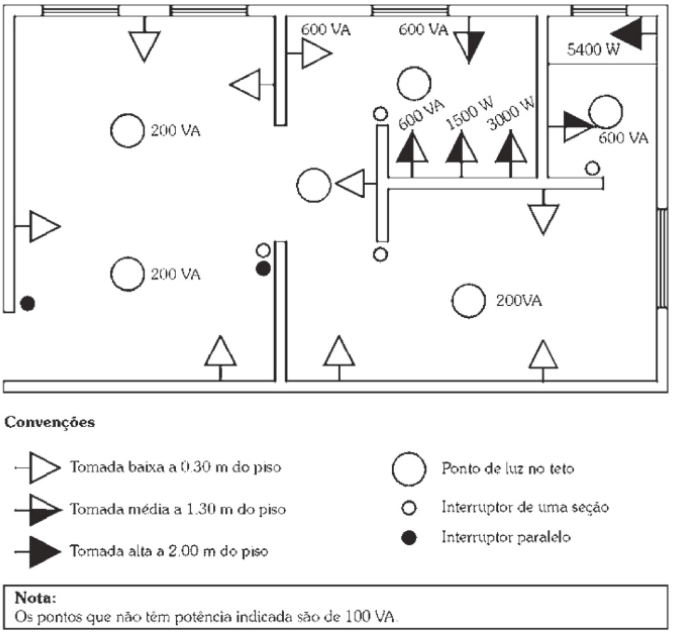
Tabela 3.1 | Lista de cargas

Dependência	Dimensões		Iluminação			TUG's			TUE's	
	Área(m2)	Perím. (m)	N de Pontos	Pot. Unit. (VA)	Pot. Total. (VA)	N de Pontos	Pot. Unit. (VA)	Pot. Total. (VA)	Aparelho	Potência(W)
Sala	24	20	2	200	400	4	100	400		
Quarto	13,57	15	1	200	200	3	100	300		
Banheiro	2,82	7,1	1	100	100	1	600	600	Chuveiro	
Hall	0,85	3,7	1	100	100	1	100	100		
Cozinha	5,89	10	1	100	100	3	600	1800	Microondas	1500
									Torneira	3000
Total	47,13	55,8	6	-	900	12	-	3200	3	9900

Fonte: Lima Filho (2011, p. 63).

Com base na Tabela 3.1, é possível posicionar os componentes elétricos - tanto as tomadas como as luminárias - de forma homogênea. Não se preocupe com o posicionamento dos interruptores, vamos abordar seu funcionamento nas próximas seções.

Figura 3.2 | Posicionamento dos componentes elétricos



Fonte: Lima Filho (2011, p. 63).

Divisão da instalação em circuitos terminais

Uma instalação residencial deve apresentar uma divisão dos circuitos de tomadas e iluminação em circuitos menores para facilitar a manutenção e a operação.

Reflita

Imagine uma residência com apenas um circuito para todas as tomadas e toda a iluminação. Se você precisar fazer a troca de uma tomada com defeito, quais serão os impactos ao desligar o único circuito elétrico? Se for à noite, como fazer a troca sem iluminação? Imagine esse impacto em uma indústria.

Divisão da instalação em circuitos terminais

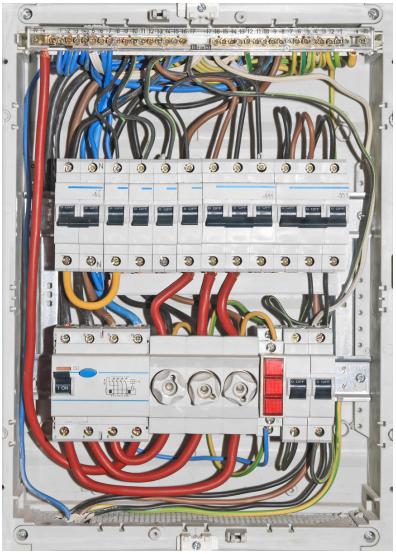
Uma instalação residencial deve apresentar uma divisão dos circuitos de tomadas e iluminação em circuitos menores para facilitar a manutenção e a operação.

Reflita

Imagine uma residência com apenas um circuito para todas as tomadas e toda a iluminação. Se você precisar fazer a troca de uma tomada com defeito, quais serão os impactos ao desligar o único circuito elétrico? Se for à noite, como fazer a troca sem iluminação? Imagine esse impacto em uma indústria.

Esses circuitos menores são conhecidos como circuitos terminais e apresentam características interessantes, como redução da queda de tensão e corrente de passagem, que impactam diretamente na redução da seção do condutor que alimentará as cargas. Cada circuito terminal é protegido por um dispositivo denominado disjuntor. Para eventuais sobrecorrentes e curtos-circuitos, também há a possibilidade de utilizar disjuntores residuais diferenciais (DR). A Figura 3.3 apresenta um quadro de distribuição com entrada por cima, no disjuntor geral, com vários circuitos terminais, com proteção por disjuntores monofásicos e bifásicos.

Figura 3.3 | Exemplo de quadro de distribuição residencial



Fonte: iStock.

Outro ponto a destacar é a facilidade de detecção de problema em um circuito, a agilidade na manutenção e o seccionamento de circuitos individuais. A NBR 5410 dita algumas recomendações para a divisão dos circuitos terminais:

Toda instalação deve ser dividida em circuitos, de forma que cada um possa ser seccionado, sem risco de realimentação inadvertida através de outro circuito;

Equipamentos com corrente superior a 10 A que utilizam TUE devem ter um circuito exclusivo;

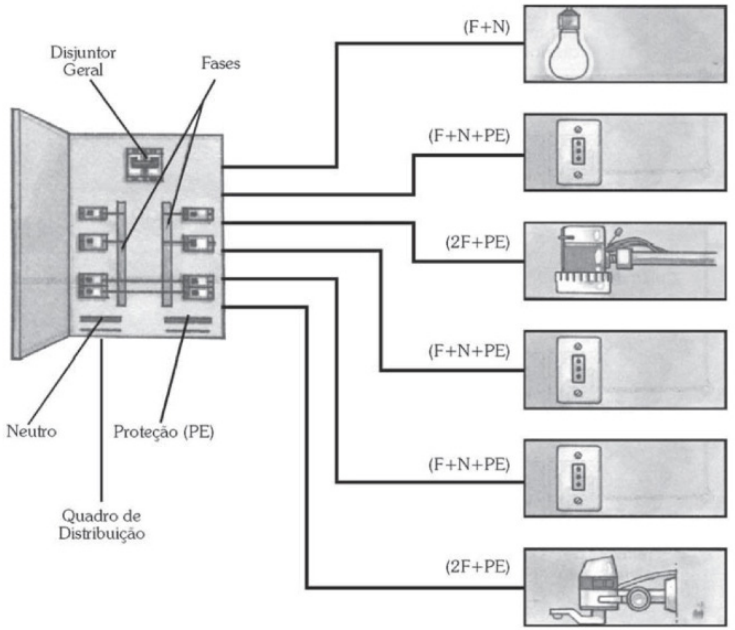
Os circuitos terminais devem ter sua potência limitada em 1200 VA para 127 V e 2200 VA para 220 V;

Devem ser previstos circuitos independentes para as tomadas de uso geral da cozinha, copa e área de serviço;

Em geral, devem ser separados circuitos contendo tomadas e iluminação, podendo haver um circuito comum, que exclua as áreas da cozinha, copa e área de serviço, tendo esse circuito uma corrente máxima de 16 A;

Os circuitos devem ser distribuídos uniformemente entre as fases de alimentação.

Figura 3.4 | Exemplo de divisão de circuitos terminais



Nota:
Condutor PE: Protection Earth (Proteção à Terra).

Fonte: Lima Filho (2011, p. 69).

Assimile

Os circuitos terminais devem ser distribuídos entre todas as fases existentes, de forma a manter um equilíbrio de potência entre as elas.

Para circuitos bifásicos, deve-se dividir a potência por dois, atribuindo o resultado para cada fase.

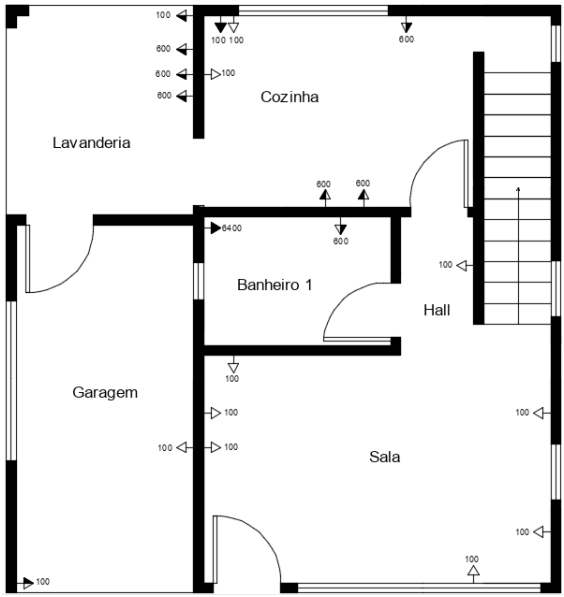
Localização dos quadros elétricos

Os quadros de distribuição são responsáveis por distribuir a energia elétrica para as tomadas e a iluminação residencial e também podem alimentar outros quadros de distribuição. Esses preferencialmente devem ser posicionados no centro das cargas elétricas ou mais perto das maiores potencias elétricas.

Exemplificando

Com base na Figura 3.5, posicione o quadro no centro das cargas.

Figura 3.5 | Planta baixa com posições e potências das tomadas elétricas



Fonte: elaborada pelo autor.

Precisamos determinar as coordenadas e as potências de todas as tomadas, tanto no eixo x como no y. Fazemos a multiplicação pela potência para atribuir um peso às tomadas, o que fará com que o painel fique mais perto das potencias elevadas. Esses dados são apresentados na Tabela 3.2 e na Figura 3.6.

Tabela 3.2 | Posição e potência das tomadas

Posicionamento do Quadro de Distribuição					
X			Y		
Tomada (m)	**Potência (VA)**	**Posição x Potência**	**Tomada (m)**	**Potência (VA)**	**Posição x Potência**
0	100	0	0	100	0
2,64	100	264	0	100	0
2,64	600	1584	0	100	0
2,64	600	1584	0	600	0
2,64	600	1584	0,5	600	300
2,64	100	264	0,87	600	522
2,79	100	279	0,87	100	87
2,79	100	279	1,2	600	720
2,79	100	279	2,87	600	1722
2,79	6400	17856	2,87	600	1722
3,05	100	305	3,01	600	1806
3,24	100	324	3,17	6400	20288
3,24	100	324	3,73	100	373
4,6	600	2760	5,07	100	507
4,84	600	2904	5,93	100	593
5,18	600	3108	5,93	100	593
5,82	600	3492	6,45	100	645
6,82	100	682	6,45	100	645
6,82	100	682	7,71	100	771
7,97	100	797	8,48	100	848
7,97	100	797	8,48	100	848
Soma	11900	40148	Soma	11900	32990
	x=	***3,37378***		**y=**	***2,77227***

Fonte: elaborada pelo autor.

Figura 3.6 | Posição das cargas

Fonte: elaborada pelo autor.

Por fim, temos que dividir a posição vezes a potência pela soma das potências. Dessa maneira, calculamos a posição do centroide das cargas.

$$\overline{x} = \frac{\sum x.P}{\sum P} \quad (3.1)$$

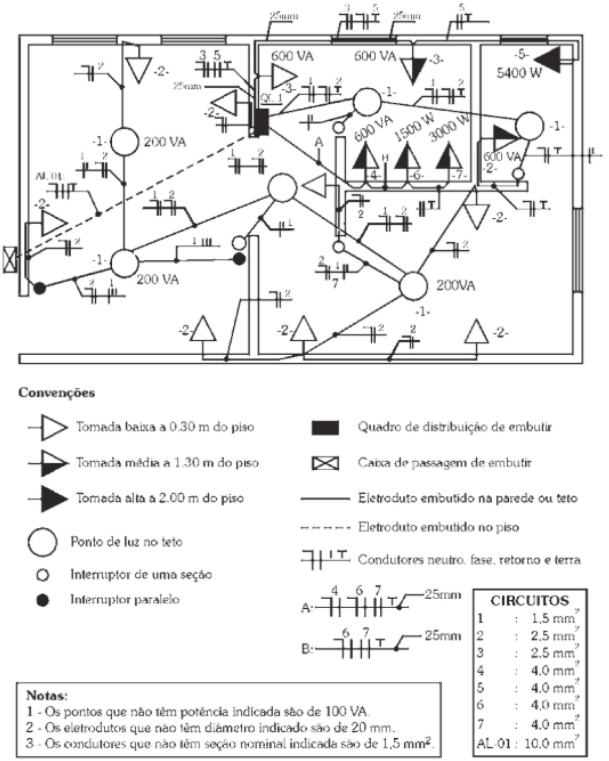
$$\overline{y} = \frac{\sum y.P}{\sum P} \quad (3.2)$$

Obtivemos os valores de x=3,37 m e y= 2,77 m, posição em que o quadro de distribuição deve ser instalado. Como podemos observar na Figura 3.6, o quadro está posicionado entre a cozinha e o banheiro, que são nossas maiores cargas na residência.

Desenhos e diagramas da instalação elétrica

Todo os desenhos elétricos devem ser feitos para representar como a instalação elétrica será concebida no seu aspecto final. A Figura 3.7 ilustra um diagrama elétrico com os principais componentes utilizados na simbologia, como interruptores, tomadas, eletrodutos, luminárias, cabos utilizados, entre outros.

Figura 3.7 | Diagrama elétrico residencial de baixa tensão



Fonte: Lima Filho (2011, p. 82).

Para facilitar o desenho do diagrama elétrico, é possível utilizar softwares específicos da área, que facilitam e minimizam o trabalho.

Saiba mais

Para mais informações sobre diagramas elétricos residenciais e industriais, recomenda-se a leitura da apostila do SENAI, em que são apresen-

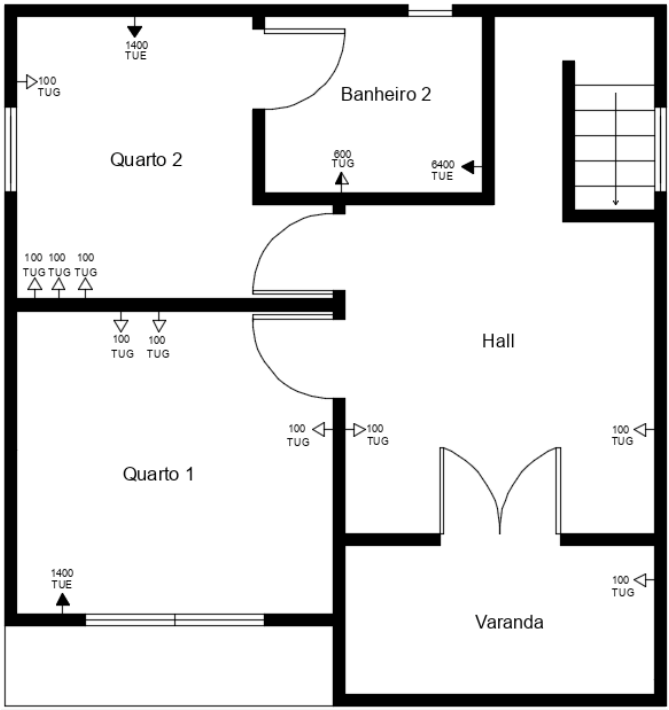
tados outros símbolos tanto para a residência como para a indústria.

SENAI/CST. **Elétrica –** Desenho, Leitura e Interpretação. SENAI/CST (Companhia Siderúrgica de Tubarão) – ES, 1996.

Sem medo de errar

Vamos relembrar sua situação imaginária, em que você trabalha em uma empresa de projeto elétricos, que recentemente recebeu um projeto residencial de alto padrão com uma área construída de 450 m^2 e com vários pavimentos. Seu coordenador o deixou responsável por posicionar o quadro de distribuição de acordo com o diagrama elétrico apresentado na Figura 3.8.

Figura 3.8 | Planta baixa com as tomadas posicionadas no segundo pavimento



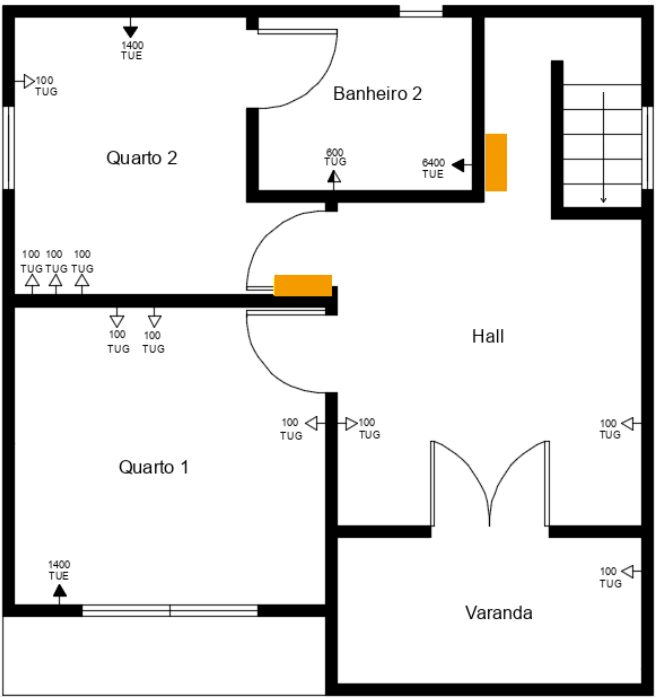
Fonte: elaborada pelo autor.

A maneira mais precisa e eficiente para escolher a posição do quadro de distribuição é por meio do cálculo do centro das cargas através das Equações 3.1 e 3.2. Outra maneira usual do posicionamento do quadro é com base

na experiência do projetista em posicionar o QD (quadro de distribuição) perto das maiores cargas da instalação. Além disso, um ponto importante é a estética do posicionamento, sendo interessante que o quadro fique atrás de uma porta ou no corredor.

No projeto apresentado na Figura 3.9, podemos perceber que as cargas se concentram nos quartos 1 e 2 e a maior carga está localizada no banheiro 2. Sendo assim, seria interessante a posição do QD perto do banheiro e dos quartos. A Figura 3.9 apresenta duas sugestões de posicionamento.

Figura 3.9 | Planta baixa com sugestão de posicionamento do QD



Fonte: elaborada pelo autor.

A primeira sugestão é posicionar o quadro atrás da porta do quarto 2, e a segunda seria no corredor ao lado da escada. Ambas podem ser utilizadas, sendo escolha do projetista. Assim, você foi capaz de resolver com base técnica a demanda do seu coordenador. Essa posição terá impacto direto no dimensionamento dos cabos e eletrodutos utilizados na instalação elétrica.

Divisão dos circuitos elétricos em uma instalação

Descrição da situação-problema

Uma indústria de alimentos está reformando a área dos escritórios e você foi contratado para desenvolver o projeto elétrico. Após a primeira reunião, você conseguiu determinar todos os pontos de tomadas necessários no escritório, apresentados na Tabela 3.3. Com base nessas informações, quantos disjuntores serão necessários para esse novo quadro de distribuição?

Tabela 3.3 | Lista de cargas

Área	Tomada/Iluminação	Potência
Escritório 1	Iluminação 127 V	300 VA
Escritório 2	Iluminação 127 V	300 VA
Escritório 3	Iluminação127 V	300 VA
Escritório 1	6 tomadas 127 V	1200 VA
Escritório 2	6 tomadas 220 V	2000 VA
Escritório 3	6 tomadas 127 V	1200 VA
Banheiro 1	Chuveiro 127 V	5600 VA
Banheiro 2	Chuveiro 220 V	5600 VA

Fonte: elaborada pelo autor.

Resolução da situação-problema

Para agrupar as cargas, devemos ter em mente a potência máxima de 1200 VA para circuitos em 127 V e 2200 VA para tensões de 220 V. Os circuitos de iluminação podem ser agrupados em um único circuito, considerando que a potência conjunta é de 900 VA. Já para as tomadas, é necessário um circuito para cada conjunto de 6 tomadas, e os chuveiros, por serem classificados com tomadas de uso específico, devem ter seu próprio circuito terminal. Assim, podemos construir a Tabela 3.4.

Tabela 3.4 | Circuitos terminais

Circuito	Área	Potência	Corrente
Circuito de iluminação	Escritório 1/ Escritório 2/ Escritório 3	900 VA	7,1 A
Tomadas escritório 1	Escritório 1	1200 VA	9,5 A
Tomadas escritório 2	Escritório 2	2000 VA	9,1 A
Tomadas escritório 3	Escritório 3	1200 VA	9,5 A
Chuveiro banheiro 1	Banheiro 1	5600 VA	44,1 A
Chuveiro banheiro 2	Banheiro 1	5600 VA	25,5 A

Fonte: elaborada pelo autor.

Com base na Tabela 3.4, precisamos de um quadro de distribuição que suporte seis disjuntores, sendo 2 bipolares e 4 monopolares, mais o disjuntor geral.

Faça valer a pena

1. Os circuitos terminais de uma residência elétrica de baixa tensão devem ser divididos conforme sua corrente elétrica, tanto as tomadas de uso geral como as de uso específico. Para tomadas de uso específico, qual é a distância máxima que o equipamento deve ficar da tomada?

Assinale a alternativa correta:

a) 1,5 m.
b) 1 m.
c) 0,5 m.
d) 2 m.
e) 2,5 m.

2. Geralmente, os circuitos de tomadas e de iluminação devem ser separados em uma instalação elétrica, existindo alguns casos específicos em que é possível essa associação. Sendo assim, qual é a corrente máxima que o circuito comum pode apresentar?

Assinale a alternativa correta:

a) 10 A.
b) 12 A.
c) 16 A.
d) 20 A.
e) 22 A

3. Em uma instalação elétrica deve-se fazer a separação dos circuitos terminais de acordo com a NBR 5410. No caso de haver 3 tomadas de 600 VA e 4 tomadas de 100 VA, é possível agrupar todas elas tomadas em um único circuito?

Assinale a alternativa correta:

a) É possível fazer o agrupamento, pois a NBR não faz qualquer limitação com relação à potência total do circuito terminal.
b) Não podemos misturar tomadas de 600 VA com tomadas de 100 VA.
c) De acordo com a NBR 5410, a potência conjunta das tomadas não é recomendada ao seu agrupamento.
d) Se todas as cargas tiverem uma tensão de 127 V, é possível agrupar em um único circuito.
e) Se todas as cargas tiverem uma tensão de 220 V, é possível agrupar em um único circuito.

Seção 3.2

Dimensionamento de condutores elétricos em instalações elétricas de baixa tensão

Diálogo aberto

Na seção anterior foi apresentado o modo como são feitas as divisões dos circuitos terminais, quais cargas devem ser agrupadas e qual é a potência máxima para cada tipo de circuito. Além disso, você aprendeu a posicionar o quadro de distribuição no local mais apropriado e sua importância nas instalações elétricas.

Vamos iniciar agora o dimensionamento dos condutores elétricos para uma instalação elétrica. Esse componente é muito importante porque é por meio dele que a energia elétrica chega aos equipamentos. O dimensionamento dos condutores elétricos é um fator que influencia o funcionamento dos equipamentos elétricos e também é responsável pela segurança da instalação. O impreciso dimensionamento dos condutores pode impactar diretamente na queima de equipamentos elétricos e na segurança dos indivíduos que transitam no local. Você já viu alguma notícia de incêndio causa por uma instalação elétrica? Já viu um condutor elétrico pegando fogo?

Vamos imaginar uma situação em que você trabalha em uma empresa de projetos elétricos que foi contratada para fazer o projeto elétrico e executar a instalação elétrica de uma residência de alto padrão. Você foi encarregado de gerenciar a instalação nessa residência em campo, junto com o eletricista e o mestre de obras. Após o início do trabalho, o eletricista se deparou com uma falta de informação: o cabo para o chuveiro de 7500 W ligado a uma tensão de 220 V não está especificado no projeto, e ele precisa fazer o pedido de compra desse material.

Nessa seção veremos como dimensionar os cabos elétricos e como verificar o método da capacidade de corrente e o método da queda de tensão. Além disso, vamos aprender a seção mínima dos condutores elétricos para cada tipo de aplicação e entender a relação da seção do cabo neutro e do cabo terra com a seção do condutor fase.

Esperamos que você aproveite todas essas informações. Bons estudos!

O dimensionamento dos condutores elétricos é feito para garantir a corrente requerida pelas cargas e o limite de queda de tensão estabelecida pela norma e para suportar a capacidade de interrupção dos dispositivos de proteção, tanto por sobrecorrente como por curto-circuito. Inicialmente, aplica-se o critério de capacidade de corrente e o de queda de tensão, resultando em duas seções mínimas de condutores para cada resultado e devendo ser adotado o resultado da maior seção.

Cálculo do cabo pelo critério da capacidade de corrente

Esse procedimento é para o dimensionamento dos condutores fases, sendo a seção dos condutores neutros e terra consequência direta da seção do condutor fase. O primeiro critério para determinar a capacidade de corrente é o tipo de isolação do cabo, sendo comum o uso do material PVC ou EPR. A Tabela 3.5 apresenta a máxima temperatura para cada tipo de isolação.

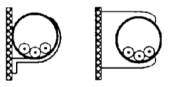
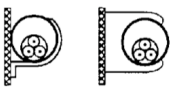
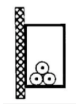
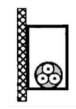
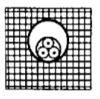
Tabela 3.5 | Temperaturas características dos condutores por isolação

Tipo de Isolação	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 300mm2	70	100	160
Policloreto de vinila (PVC) maior que 300mm2	70	100	140
Borracha etileno--propileno (EPR)	90	130	250
Polietileno reticulado (XLPE)	90	130	250

Fonte: NBR 5410 (2004, p. 100).

Outro fator importante para a capacidade de corrente é a maneira como o condutor vai ser instalado, por exemplo, embutido em alvenaria, eletroduto enterrado, eletrocalha etc. Essas situações implicam diretamente na troca de calor entre os condutores e o ambiente, resultando em uma maior ou menor temperatura para o condutor. A NBR 5410 define de forma sistêmica os tipos de maneiras de instalar dos condutores elétricos. A Tabela 3.6 ilustra algumas maneiras de instalação definidas pela NBR 5410, tendo um código para cada tipo de instalação, utilizado para determinar a capacidade de corrente do condutor nesse ambiente, sendo fornecido pelo fabricante do cabo.

Tabela 3.6 | Tipos de linhas elétricas

Método de Instalação Número	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 térmica isolante	A2
3		Condutor isolados ou cabos unipolares em eletroduto aparente de seção circular sobre parede ou espaçado 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		Condutor isolados ou cabos unipolares em eletroduto aparente de seção não circular sobre parede ou espaçado de 0,3 vez o diâmetro do eletroduto	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

Fonte: NBR 5410 (2004, p. 90).

O cálculo da corrente elétrica é feito com base na Lei de OHM, sendo necessário realizar alguns ajustes para descrever melhor a situação real. A Equação 3.3 apresenta o cálculo da corrente de projeto para uma carga monofásica; as Equações 3.4 e 3.5 são utilizadas para os cálculos das correntes em sistema de cargas trifásicas desequilibradas e equilibradas, respectivamente.

$$Ip = \frac{Pn}{V.\text{fp}.\eta.\text{FCT}.\text{FCA}} \quad (3.3)$$

$$Ip = \frac{Pn}{3.V.\text{fp}.\eta.\text{FCT}.\text{FCA}} \quad (3.4)$$

$$Ip = \frac{Pn}{\sqrt{3}.V.\text{fp}.\eta.\text{FCT}.\text{FCA}} \quad (3.5)$$

Nas equações, Pn é a potência nominal da carga, V é a tensão de alimentação, fp é o fator de potência, η é o rendimento da carga, FCT é o fator de correção de temperatura e FCA é o fator de correção de agrupamento.

O FCA é determinado com base na Tabela 3.7 e utilizado quando há mais de um circuito elétrico agrupado na mesma eletrocalha, eletroduto, leito escada, entre outros.

Tabela 3.7 | Fator de agrupamento pela maneira de instalar

REF.	Forma de agrupamento dos condutores	Número de circuitos ou de cabos multipolares											
		1	2	3	4	5	6	7	8	9 a 11	12 a 15	16 a 19	Maior que 20
1	Em feixe: ao ar livre ou sobre superfície; embutidos; em condutos fechado	1,00	0,80	0,70	0,65	0,60	0,57	0,54	0,52	0,50	0,45	0,41	0,38
2	Camada única sobre parede, piso, ou em bandeja não perfurada ou prateleira	1,00	0,85	0,79	0,75	0,73	0,72	0,72	0,71	0,7			

3	Camada única no teto	0,95	0,81	0,72	0,68	0,66	0,64	0,63	0,62	0,61
4	Camada única em bandeja perfurada	1,0	0,88	0,82	0,77	0,75	0,73	0,73	0,72	0,72
5	Camada única sobre leito etc.	1,0	0,87	0,82	0,80	0,80	0,79	0,79	0,78	0,78

Fonte: NBR 5410 (2004, p. 108).

Saiba mais

A NBR 5410 expõe outras observações e considerações sobre os critérios de capacidade de corrente, maneiras de instalar, capacidade de corrente para cabos de alumínio e fator de agrupamento para cabos enterrados, apresentando maior quantidade de exemplos e exceções para suas aplicações. Entre eles, pode-se destacar a equivalência de seção entre cabos de alumínio e cobre e sobre a manutenção preventiva em instalações elétricas.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 5410: instalações elétricas em baixa tensão: referências. Rio de Janeiro. 2004.

O fator de correção de temperatura corrige a capacidade de corrente especificada para a temperatura de 30º para cabos não enterrados e de 20º para cabos enterrados. A Tabela 3.8 mostra como esse fator de relaciona com a temperatura do ambiente e o tipo de isolação do cabo.

Tabela 3.8 | Fatores de Correção (FCT) para temperaturas ambientes diferentes de 30 C para cabos não enterrados e de 20° C (temperatura do solo) para cabos enterrados.

Temperatura ˚C	Isolação			
	PVC	EPR ou XLPE	PVC	EPR ou XLPE
	Ambiente		do Solo	
10	1,22	1,15	1,10	1,07
15	1,17	1,12	1,05	1,04
20	1,12	1,08	1,00	1,00
25	1,06	1,04	0,95	0,96
30	1,00	1,00	0,89	0,93
35	0,94	0,06	0,84	0,89
40	0,87	0,91	0,77	0,85

45	0,79	0,87	0,71	0,80
50	0,71	0,82	0,63	0,76

Fonte: NBR 5410 (2004, p. 106) .

Uma definição a ser apresentada é o número de condutores carregados, que são definidos como aqueles percorridos por uma corrente elétrica. Consideramos nesse caso os condutores fase e neutros. Para sistemas monofásicos e bifásicos, o número de condutores carregados é 2 ou 3 dependendo da carga a ser alimentada. Já os sistemas trifásicos podem apresentar 3 ou 4 condutores carregados, também dependendo do tipo de carga a ser ligada. Por fim, apresentamos a Tabela 3.9 de capacidade de corrente pela maneira de instalar e número de condutores carregados, presente na NBR 5410.

Tabela 3.9 | Capacidade de condução de corrente, em amperes, para maneiras de instalar (métodos de referência) A1, A2, B1, B2, C e D.

Seção nominal mm2	Métodos de referência											
	A1		A2		B1		B2		C		D	
	2	3	2	3	2	3	2	3	2	3	2	3
	Cobre											
0,5	7	7	7	7	9	8	9	8	10	9	12	10
0,75	9	9	9	9	11	10	11	10	13	11	15	12
1	11	10	11	10	14	12	13	12	15	14	18	15
1,5	14,5	13,5	14	13	17,5	15,5	16,5	15	19,5	17,5	22	18
2,5	19,5	18	18,5	17,5	24	21	23	20	27	24	29	24
4	26	24	25	23	32	28	30	27	36	32	38	31
6	34	31	32	29	41	36	38	34	46	41	47	39
10	46	42	43	39	57	50	52	46	63	57	63	52
16	61	56	57	52	76	68	69	62	85	76	81	67
25	80	73	75	68	101	89	90	80	112	96	104	86
35	99	89	92	83	125	110	111	99	138	119	125	103
50	119	108	110	99	151	134	133	118	168	144	148	122
70	151	136	139	125	192	171	168	149	213	184	183	151

Fonte: NBR 5410 (2004, p. 101).

Exemplificando

Dimensione o condutor para um circuito bifásico, 220V, para suportar um chuveiro de 4500 W. O condutor deve ter isolação PVC, com temperatura ambiente de 30º C e ser agrupado com três circuitos em um eletroduto embutido em alvenaria.

$$Ip = \frac{Pn}{V.\text{fp}.\eta.\text{FCT}.\text{FCA}} = \frac{4500}{220.1.1.1.0,65} = 31,5A$$

Com base nos cálculos da corrente de projeto, podemos determinar a seção do condutor com base na Tabela 3.9. O cabo que suporta uma corrente de 31,5 A instalado em eletroduto embutido em alvenaria é o seção de 4 mm².

Calculo do cabo pelo critério da queda de tensão

A queda de tensão causada pela passagem de corrente elétrica pelos condutores deve estar abaixo da estabelecida pela NBR 5410 para evitar prejudicar o funcionamento ou queimar o equipamento elétrico.

A queda de tensão em uma instalação, considerada desde a sua origem até o último ponto de utilização de qualquer circuito terminal, deve estar dentro dos limites prefixados pela Tabela 3.10, que apresenta a porcentagem de queda de tensão admissível em função do tipo de instalação.

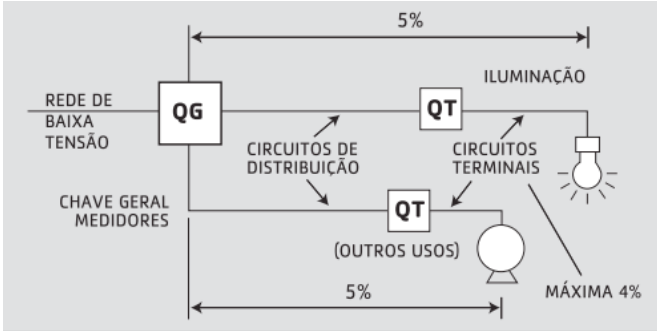
Tabela 3.10 | Limites de queda de tensão

	Iluminação	Outros usos
Instalações alimentadas diretamente por um ramal de baixa tensão a partir de uma rede de distribuição pública de baixa tensão.	5%	5%
Instalação alimentada por uma subestação com transformador a partir de uma rede de alta tensão.	7%	7%
Instalação que possuam fonte própria.	7%	7%

Fonte: NBR 5410 (2004, p. 115) .

Em alguns casos, as concessionárias estabelecem limites máximos de queda de tensão, como é o caso da Companhia Paranaense de Energia (COPEL) , que limita a queda em 5,5%. A NBR 5410 não admite, em nenhum caso, a queda de tensão nos circuitos terminais superior a 4%. A Figura 3.10 ilustra como é distribuída a queda de tensão em vários pontos de uma instalação elétrica.

Figura 3.10 | Distribuição da queda de tensão



Fonte: Prysmian Energia Cabos e Sistemas do Brasil S.A. ([S.a.], p. 15).

O cálculo da queda de tensão é feito através da Equação 3.6 que determina o valor da queda de tensão Unitária, Δ Vunit, em volts/ampere.km.

(3.6)

Em que e(%) é a queda de tensão, V é a tensão de alimentação do equipamento, L é o comprimento máximo do cabo do circuito e In é a corrente consumida pelo circuito.

Com esse resultado, é possível consultar a Tabela 3.11 de queda de tensão e determinar qual cabo apresenta valor igual ou menor ao valor calculado , para isso, é necessário saber a maneira de instalar o condutor elétrico.

Tabela 3.11 | Queda de tensão unitária, em volt/ampere.km, condutores com isolação de PVC

Seções Nominais (mm2)	Eletrocalha (magnética)	
	monofásico e trifásico	
	FP=0,8	FP=0,92
1,5	23	27,4
2,5	14	16,8
4	9	10,5
6	5,87	7
10	3,54	4,2
16	2,27	2,7
25	1,5	1,72
35	1,12	1,25
50	0,86	0,95

Fonte: Prysmian Energia Cabos e Sistemas do Brasil S.A. ([S.a.], p. 16).

Exemplificando

Dimensione um condutor de PVC instalado em um eletroduto metálico, com base no cálculo de queda de tensão para uma corrente de projeto de 20,45 A, um circuito terminal com comprimento de 15 m e uma queda de tensão máxima de 2%, para uma tensão de 127 V e fator de potência de 0,95.

$$\Delta Vunit = \frac{e(\%).\mathrm{V}}{In.\mathrm{L}} = \frac{0,02.127}{20,45.0,015} = 8,3\frac{\mathrm{V}}{A.km}$$

Com base na Tabela 3.11, podemos determinar a utilização de um cabo com seção de 6 mm2.

Os condutores neutro e terra devem apresentar a mesma seção do condutor fase. Caso seja para circuitos trifásicos com seção maior de 25 mm^2, pode haver redução, de acordo com a NBR 5410.

Seções mínimas para os condutores

Os condutores devem apresentar uma seção mínima dependendo sua aplicação, com 1,5 mm^2 para circuitos de iluminação, 2,5 mm^2 para circuitos de potência e seção de 0,5 mm^2 para circuitos de sinalização.

Assimile

A seção mínima do condutor para as tomadas de uma instalação residencial é de 2,5 mm^2, e a seção mínima para a iluminação residencial é de 1,5 mm^2.

Cores dos condutores

Segundo a NBR condutores de cor azul devem ser utilizados para o condutor neutro. Já o condutor terra pode ser usado na cor verde ou verde-amarela. A sua não utilização implica na identificação através de anilhas e na sinalização das pontas dos cabos com a cor padrão. Os cabos fases são geralmente utilizados com preto, vermelho e branco.

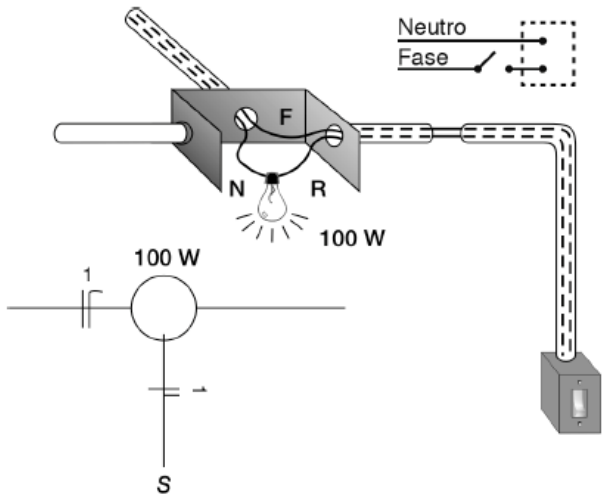
Reflita

Imagine uma instalação elétrica sem padronização de cores, em que cada expansão industrial é feita com uma cor diferente para os condutores elétricos. Quais riscos essa instalação apresenta para seus operadores? E para uma eventual manutenção de emergência?

Ligação dos interruptores e tomadas

A ligação com interruptor simples é utilizada para acionamento da lâmpada apenas em um único ponto de controle, como ilustra a Figura 3.11. A sua ligação deve ser feita de forma que o condutor fase seja conectado ao interruptor e o condutor neutro à lâmpada, o que facilita a manutenção e a troca de lâmpadas, visto que o condutor fase estará desconectado da lâmpada pelo interruptor quando ele não estiver acionado.

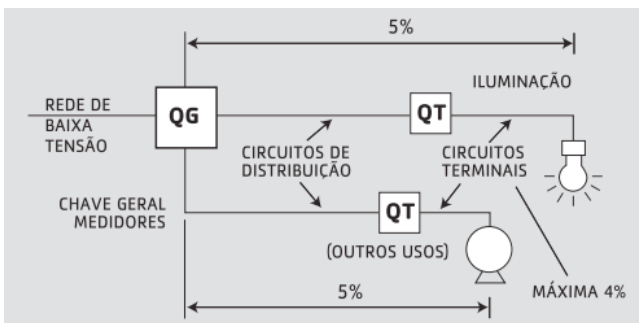
Figura 3.11 | Ligação interruptor simples



Fonte: Creder (2018, p. 62).

O acionamento através de dois pontos distintos deve ser feito utilizando o interruptor paralelo, como mostra a Figura 3.12.

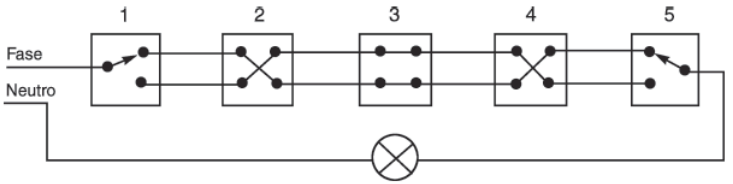
Figura 3.12 | Ligação interruptor paralelo: a) diagrama elétrico; b) aplicação em uma escada



Fonte: Creder (2018, p. 63).

Para o acionamento de três ou mais pontos, deve-se utilizar o interruptor intermediário, entre dois interruptores paralelos. A Figura 3.13 apresenta o acionamento de uma lâmpada por cinco pontos de comando utilizando três interruptores intermediários e dois paralelos nas extremidades.

Figura 3.13 | Ligação interruptor intermediário



Fonte: Creder (2018, p. 63).

Em todos os exemplos apresentados, o cabo da fase sempre está ligado no interruptor e o cabo neutro diretamente na lâmpada. Os cabos entre os interruptores e entre o interruptor e a lâmpada são denominados cabos de retorno.

Sem medo de errar

A empresa em que você trabalha foi contratada para desenvolver e executar o projeto elétrico de uma residência de alto padrão. Você foi encarregado de supervisionar a instalação elétrica em andamento para assegurar a qualidade e qualquer dúvida do eletricista. Ao verificar o projeto, o eletricista se deparou com a falta de informação do cabo que vai alimentar um chuveiro de 7500 W ligado em 220 V, cuja informação é necessária para fazer o pedido de compra dos materiais. Prontamente você verificar o diagrama elétrico e constatou a distância de 30 m do quadro de distribuição até o chuveiro, além de o circuito estar sendo lançado sozinho pelo eletroduto. Qual deve ser o procedimento para dimensionar o cabo para o chuveiro elétrico?

Cálculo da queda de tensão

$$\Delta Vunit = \frac{e(\%).\mathrm{V}}{In.\mathrm{L}} = \frac{0{,}04.220}{34{,}1.0{,}03} = 8{,}6\frac{\mathrm{V}}{A.km}$$

Considerando uma queda de tensão de 4% e a corrente nominal de 34,1 A, chegamos a um valor de 8,6V/A.km, assim, podemos determinar a seção com base na Tabela 3.11 de 6 mm2.

Cálculo da capacidade de corrente

$$Ip = \frac{Pn}{V.\text{fp}.\eta.\text{FCT}.\text{FCA}} = \frac{7500}{220.1.1.0,87.1} = 39,2A$$

Considerando uma temperatura de 40° C para FCT, podemos determinar, com base na Tabela 3.9, uma seção de 6mm². Como ambos os métodos apresentaram o mesmo valor de seção do condutor, a escolha para da seção deve ser 6 mm², visto que a seção mínima para tomadas é de 2,5 mm², e não há problemas considerarmos uma seção maior.

Assim, o eletricista pode fazer o pedido de compra para o cabo do chuveiro. Esse exemplo é muito comum em instalações elétricas e muitas vezes causam incertezas e dificuldades para o projetista. Com base em toda a teoria apresentada nessa seção, fica claro como é feito o cálculo para determinar a seção dos condutores elétricos utilizados em instalações elétricas de baixa tensão.

Avançando na prática

Lâmpadas com mau funcionamento

Descrição da situação-problema

Você abriu seu próprio escritório de projetos elétricos e, na segunda semana de trabalho, um casal ligou para pedir um laudo técnico sobre uma instalação elétrica de baixa tensão em um salão de festas do condomínio do prédio onde eles moram. Alegaram que as lâmpadas estão apagando ou ficando "fracas" quando o freezer é ligado. Quais são as possíveis causas para essa situação? E como resolver o problema?

Resolução da situação-problema

Você deve primeiramente analisar o projeto elétrico do salão de festas para entender como as lâmpadas estão ligadas. Conforme foi descrito pelo casal, provavelmente as lâmpadas estão ligadas no mesmo circuito do freezer que, quando ligado, faz a corrente no cabo do circuito aumentar, consequentemente aumentando também a queda de tensão nas lâmpadas, deixando-as "fracas" ou desligando-as.

Uma possível solução é recalcular qual cabo é adequado para comportar o freezer e as lâmpadas, sem que ocorra essa queda de tensão, depois fazer a troca do cabo existente por um cabo novo.

Outra solução é separar o circuito do freezer do circuito das lâmpadas, lançando um novo cabo para o freezer ou para as lâmpadas. Esse procedimento tem um custo a mais, que deve ser a instalação de um novo disjuntor de proteção para o circuito novo.

Como profissional, você deve expor ambas as propostas para os clientes, assim, eles podem escolher, com base técnica e financeira, qual providência deve ser tomada.

Faça valer a pena

1. A capacidade de corrente dos condutores elétricos depende de vários fatores. A NBR 5410 apresenta uma tabela que caracteriza a maneira com que os condutores são instalados, e outra tabela que informa o impacto dessas instalações na capacidade de corrente.

Assinale a alternativa correta:

a) A maneira de instalar é importante pois tem influência do campo magnético do condutor.
b) A maneira de instalar é importante porque interfere na troca de calor entre o cabo e o ambiente externo.
c) O cabo elétrico não pode ser instalado em eletroduto enterrado, pois não é possível a troca de calor com o ambiente externo.
d) Os cabos elétricos apresentam uma melhor capacidade de corrente em ambientes fechados do que em ambientes abertos e ventilados.
e) Os condutores elétricos instalados em eletrodutos embutidos em alvenaria são nomeados com a sigla A2.

2. Para calcular a corrente de projeto, é necessário conhecer alguns aspectos importantes do ambiente externo e da instalação elétrica. Com base nessas informações, calcule a corrente de projeto para um chuveiro, alimentado por um eletroduto com mais 2 circuitos terminais, de corrente nominal de 30 A, com temperatura ambiente de 40º C, utilizando isolação PVC.

Assinale a alternativa correta:

a) 49,3 A.
b) 53 A.
c) 42,9 A.
d) 34 A.
e) 43 A.

3. A queda de tensão deve ser calculada levando em consideração a maior distância que o cabo elétrico fará até a carga. Sabendo que um motor elétrico (220 V) está sendo alimentado por um cabo de 4 mm^2 (FP=0,8), a uma distância de 25 m da fonte de alimentação, calcule a queda de tensão para uma corrente de 35 A.

Assinale a alternativa correta:

a) 1,2%.
b) 11%.
c) 2,6%.
d) 3,6%.
e) 2,9%.

Seção 3.3

Dimensionamento de condutores elétricos em instalações elétricas de baixa tensão

Diálogo aberto

Os eletrodutos são uma parte importante das instalações elétricas: são responsáveis pela proteção física dos condutores elétricos e podem ser utilizados tanto de forma embutida como aparente, dependendo da instalação. Você já reparou em instalações elétricas aparentes? Essas são comuns em indústrias, universidades, estações de tratamento de água, entre outras, por facilitar a manutenção e novas expansões.

Para fixar melhor o conteúdo, vamos imaginar uma situação em que você está trabalhando em uma empresa de projeto elétricos que foi contratada para desenvolver e executar o projeto elétrico de uma residência. Seu coordenador atribuiu a você a função de fiscalizar o andamento da instalação elétrica dessa residência. Um ponto importante é a ocupação máxima dos eletrodutos pelos condutores, que não deve ultrapassar os valores máximos regulados pela NBR 5410 (ABNT, 2004). Com o andamento do lançamento dos cabos, você chamou o encarregado da obra e pediu que ele abrisse uma caixa de passagem instalada do teto da cozinha, a fim de verificar a ocupação dos eletrodutos. Você se deparou com a seguinte situação: há três eletrodutos entrando na caixa de passagem com seção de $3/4"$, sendo o primeiro com oito cabos de 1,5 mm^2, o segundo com cinco cabos de 2,5 mm^2 e o terceiro com seis cabos de 4 mm^2. Ao verificar o projeto elétrico, você percebeu que todos os eletrodutos têm dois cabos a mais que o especificado no projeto. É necessário fazer um relatório para seu coordenador informando se a obra está sendo executada de acordo com a NBR 5410 (ABNT, 2004).

Nessa seção será abordado o dimensionamento dos eletrodutos para instalações elétricas de baixa tensão. Você já percebeu que existem diversos tipos de eletrodutos no mercado para compra? Alguns apresentam sua superfície externa lisa e outros corrugados, e a parte interna também pode apresentar diferenças, dependendo do tipo de cabo a ser lançado em seu interior.

Os eletrodutos aparentes também podem ser usados como recurso estético, dependendo da situação empregada, sendo o projetista, em conjunto com o engenheiro civil ou arquiteto, responsável por essa aplicação residencial estilística.

Todas as informações aqui apresentadas foram trabalhadas com muito empenho e dedicação para que você possa executar suas atividades no mercado de trabalho com excelência e qualidade.

Não pode faltar

Em uma instalação elétrica existem diversos invólucros para proteção dos cabos elétricos, entre eles podemos destacar as eletrocalhas, os eletrodutos, as canaletas e os perfilados. Todos esses apresentam como principal finalidade a proteção dos cabos elétricos, e sua aplicação vai depender do tipo de ambiente e da escolha do projetista. Nas instalações elétricas prediais podemos destacar a utilização dos eletrodutos com as seguintes funções:

- Proteção mecânica aos cabos elétricos;
- Proteção contra os agentes ambientais, fauna e flora;
- Um meio para o lançamento dos cabos elétricos;
- É possível o uso aparente de eletrodutos como recurso estético em residências.

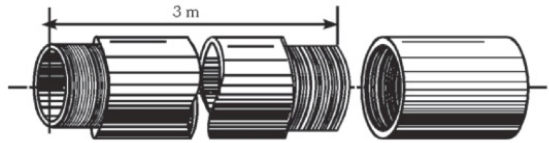
Saiba mais

No caso do sistema de proteção contra descarga atmosférica (SPDA), os cabos envolvidos na proteção do prédio podem ser substituídos pela própria infraestrutura metálica, se ela estiver adequada com a NBR 5419. Acesse a norma brasileira e veja quais são esses requisitos de espessura e tipo do material.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 5419: proteção de estruturas contra descargas atmosféricas. Rio de Janeiro: 2016.

Com relação ao tipo de eletrodutos, eles podem ser metálicos ou não metálicos (PVC), flexíveis ou rígidos, com conexão por rosca ou por pressão. A Figura 3.14 ilustra um eletroduto rígido com rosca, conectado por uma luva para fazer seu prolongamento.

Figura 3.14 | Eletroduto rígido metálico com conexão por rosca



Fonte: Lima Filho (2011, p. 162).

Os eletrodutos flexíveis de PVC são os modelos mais comuns empregados em residências e são interligados por caixas de passagem. A NBR 5410

(ABNT, 2004) admite a utilização de eletrodutos para a passagem de cabos elétricos quando eles partem do mesmo quadro de distribuição e a seção dos condutores não ultrapassa um intervalo de três valores superiores à menor seção . A norma admite a utilização de condutores sem isolação apenas no caso de aterramento.

Exemplificando

Quais são os cabos possíveis de serem lançados em um eletroduto junto com um cabo de seção de 1,5 mm²?

No mesmo eletroduto com o cabo de seção de 1,5 mm², pode-se lançar os seguintes condutores com seções de 2,5 mm², 4 mm² e 6 mm².

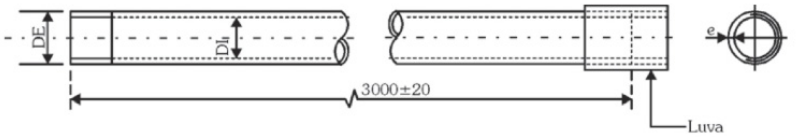
Taxa máxima de ocupação

O dimensionamento dos eletrodutos, conexões e acessórios devem permitir o lançamento dos cabos com facilidade, bem como sua retirada e futura expansões. Assim, a taxa máxima de ocupação depende da quantidade de cabos em seu interior.

- 53% no caso de um condutor ou cabo;
- 31% no caso de dois condutores ou cabos;
- 40% no caso de três ou mais condutores ou cabos.

A Figura 3.15 apresenta as dimensões dos eletrodutos com relação ao diâmetro externo (DE), ao diâmetro interno (DI) e à espessura da parede (e). Os eletrodutos rígidos são vendidos, geralmente, em barras de 3 m, já os flexíveis são encontrados em rolos de 50 m.

Figura 3.15 | Corte longitudinal e transversal do eletroduto rígido



Fonte: Lima Filho (2011, p. 164).

Dimensionamento dos eletrodutos

O primeiro procedimento para o dimensionamento dos eletrodutos é calcular a área total de ocupação pelos condutores elétricos com base na Tabela 3.12, fornecida pelos fabricantes.

Tabela 3.12 | Dimensões nominais com isolação antichamas

Seção Nominal (mm2)	Área
	mm2
1,5	6,2
2,5	9.01
4	11,9
6	15,2
10	24,6
16	33,2
25	56,7
35	71

Fonte: Lima Filho (2011, p. 164).

Em seguida, com o valor da área total dos cabos é possível determinar o eletroduto a ser utilizado, observando a Tabela 3.13.

Tabela 3.13 | Eletroduto de PVC rígido

Referência de rosca	Diâmetro Nominal (mm)	Área total aprox. (mm2)	Área útil > 3 cabos (40%)
3/8"	16	126,7	50,7
1/2"	20	203,6	81,4
3/4"	25	346,4	138,6
1"	32	564,1	225,6
1.1/4"	40	962,1	384,8
1.1/2"	50	1244,1	497,6
2"	60	1979,2	791,7

Fonte: Lima Filho (2011, p. 165).

Se os condutores forem da mesma seção, é possível utilizar diretamente da Tabela 3.14.

Tabela 3.14 | Ocupação máxima dos eletrodutos de PVC por condutores de mesma bitola

Seção Nominal (mm2)	Número de Condutores no Eletroduto							
	2	3	4	5	6	7	8	9
	Tamanho Nominal do Eletroduto							
1,5	16	16	16	16	16	16	20	20
2,5	16	16	16	20	20	20	20	25
4	16	16	20	20	20	25	25	25
6	16	20	20	25	25	25	25	32
10	20	20	25	25	32	32	32	40
16	20	25	25	32	32	40	40	40
25	25	32	32	40	40	40	50	50
35	25	32	40	40	50	50	50	60

Fonte: Lima Filho (2011, p. 165).

Normalmente, em uma instalação elétrica residencial não é recomendado usar eletrodutos com seção inferior a 25 mm.

Exemplificando

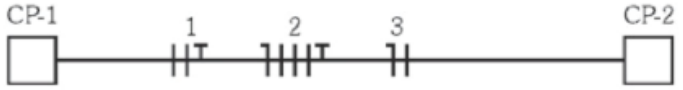
Dimensione o trecho de eletroduto de PVC, mostrado na Figura 3.16, no qual devem ser instalados os seguintes circuitos:

Circuito 1: 2 # 4 mm² T 4 mm²;

Circuito 2: 3 # 6 mm² (6 mm²) T 6 mm²;

Circuito 3: #2,5 mm² (2,5 mm²).

Figura 3.16 | Trecho do eletroduto a ser dimensionado



Fonte: Lima Filho (2011, p. 166).

Primeiro, deve-se calcular a área de cada conjunto de cabo, conforme apresentado abaixo e de acordo com a Tabela 3.12.

2,5 mm²: 9,1 mm²
4 mm²: 11,9 mm²
6 mm²: 15,2 mm²
Logo:

$$Scond = 2.9,1 + 3.11,9 + 5.15,2 = 129,9mm^2 .$$

Com o valor de 129,9 mm² podemos escolher o eletroduto com base na Tabela 3.14, com uma seção mínima de 25 mm.

Assimile

Os eletrodutos são normalmente conhecidos por sua rosca em polegadas. Assim, o eletroduto de 20 mm é conhecido como ½" polegada, o de 25 mm como ¾" de polegada e o de 32 mm como 1" polegada.

Caixa de derivação

As caixas de derivação são utilizadas para conectar os eletrodutos, fazer as derivações dos cabos e acomodar componentes elétricos. A NBR 5410 (ABNT, 2004) estabelece que o eletroduto não tem comprimento maior que 15 m sem que haja uma conexão, sendo reduzido a 3 m quando há a necessidade de curvas de 90º.

Pode-se haver uma exceção para regiões onde não é possível a instalação de caixas de passagem. Nesses casos, deve-se utilizar eletrodutos de seção superior, conforme a Equação 3.7 ao dimensionado e deve-se seguir a Equação 3.8 para caminhos que apresentem curvas de 90º.

$$A = \frac{(\text{Lreal} - \text{Lmax})}{6} \quad (3.7)$$

$$L\max = 15 - 3.N \quad (3.8)$$

Em que Lmax é o comprimento máximo do eletroduto, N é o número de curvas 90º, A é o aumento da bitola e Lreal é o comprimento real da instalação.

Saiba mais

Outra forma de proteção dos cabos elétricos são as canaletas de PVC, que podem ser empregadas em situações de reforma em que o proprietário não deseja a utilização de eletrodutos embutidos. Devido à fácil instalação, as canaletas são uma opção para instalações rápidas e limpas.

As caixas de derivação devem ser empregadas nas seguintes situações:

I– Em todos os pontos de entrada ou de saída da tubulação, exceto nos pontos de transição ou de passagem de linhas abertas para linhas em eletrodutos, os quais, nestes casos, devem ser rematados com buchas;

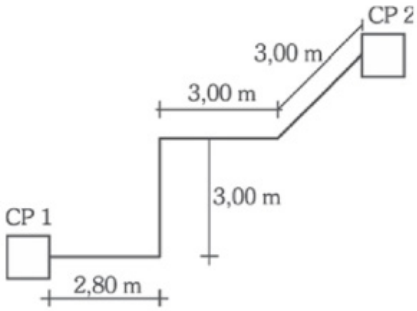
II– Em todos os pontos de emenda ou derivação de condutores;

III– Para dividir a tubulação em trechos não maiores do que os especificados anteriormente.

Exemplificando

Para a situação abaixo, determine qual deve ser o aumento da seção do eletroduto de 75 mm.

Figura 3.16 | Diagrama de ligação da caixa de passagem



Fonte: Lima Filho (2011, p. 168).

Considerando a existência de 3 curvas e um comprimento de 11,8 m:

$L\max = 15 - 3.N = 15 - 3.3 = 6\,\text{m}$

$$A = \frac{(\text{Lreal} - \text{Lmax})}{6} = \frac{11{,}8 - 6}{6} = 0{,}97 \approx 1 \quad \text{aumento}$$

Com isso, devemos utilizar o próximo eletroduto maior que 75 mm, que é 85 mm.

Esse conceito apresentado na ocupação de eletroduto não é valido para eletrocalhas e leito. Nesses casos, a ocupação pode ser feita até se atingir 100% de ocupação. Imagine a situação industrial em que é necessário o lançamento de cabo de 240 mm², aplicação em que não é usual o uso de eletrodutos, mas sim de leitos tipo escadas.

Reflita

Os eletrodutos, eletrocalhas e canaletas são meio pelos quais os cabos elétricos são lançados para alimentar os equipamentos elétricos, estando em contato direto com os condutores e recebendo diretamente o calor dos cabos. Assim, você acredita que os eletrodutos, as eletrocalhas e os demais invólucros devem ser feitos de algum material com propriedades específicas para essa função?

Sem medo de errar

Vamos relembrar a situação fictícia em que você está trabalhando em uma empresa de projetos elétricos que foi contratada para desenvolver e executar o projeto de uma residência. Seu coordenador atribuiu a você a função de fiscalizar o andamento da instalação elétrica dessa residência. Um ponto importante é a ocupação máxima dos eletrodutos pelos condutores, que não deve ultrapassar os valores máximos regulados pela NBR 5410 (ABNT, 2004). Com o andamento do lançamento dos cabos, você chamou o encarregado da obra e pediu que abrisse uma caixa de passagem instalada do teto da cozinha, a fim de verificar a ocupação dos eletrodutos. Então, você se deparou com a seguinte situação: há três eletrodutos de 3/4" entrando na caixa de passagem, sendo o primeiro com oito cabos de 1,5 mm^2, o segundo com cinco cabos de 2,5 mm^2 e o terceiro com seis cabos de 4 mm^2. Ao verificar o projeto elétrico, você percebeu que todos os eletrodutos têm dois cabos a mais que o especificado. É necessário fazer um relatório para seu coordenador informando se a obra está sendo executada de acordo com a NBR 5410 (ABNT, 2004).

Para verificar os cabos, devemos observar a Tabela 3.13, que especifica a quantidade de cabos de mesma seção por eletroduto. O de 3/4" apresenta uma seção externa de 25 mm.

No primeiro caso, o eletroduto contém oito cabos de 1,5 mm^2 e, pela Tabela 3.14, o recomendado é o de 20 mm. No segundo eletroduto, temos cinco cabos de 2,5 mm^2 e novamente a tabela informa um valor de diâmetro igual a 20 mm. No último caso, temos seis cabos de 4 mm^2 e, observando a tabela, chega-se ao eletroduto de 20 mm.

Como podemos informar em nosso relatório, mesmo com o aumento do número de cabos, o eletroduto de 25 mm está sendo suficiente para manter sua área de ocupação inferior a 40%, determinado pela NBR 5410 (ABNT, 2004).

Tabela 3.14 | Ocupação máxima dos eletrodutos de PVC por condutores de mesma bitola

Seção Nominal (mm2)	Número de Condutores no Eletroduto							
	2	3	4	5	6	7	8	9
	Tamanho Nominal do Eletroduto							
1,5	16	16	16	16	16	16	20	20
2,5	16	16	16	20	20	20	20	25
4	16	16	20	20	20	25	25	25
6	16	20	20	25	25	25	25	32
10	20	20	25	25	32	32	32	40
16	20	25	25	32	32	40	40	40
25	25	32	32	40	40	40	50	50
35	25	32	40	40	50	50	50	60

Fonte: Lima Filho (2011, p. 165).

Com esse relatório você foi capaz de manter suas atividades atribuídas pelo coordenador de forma correta e técnica e, como mostramos nos cálculos acima, a obra segue de acordo com a NBR 5410 (ABNT, 2004). Toda a instalação elétrica deve seguir as normas vigentes para a segurança das pessoas e dos equipamentos elétricos.

Avançando na prática

Dimensionamento de um eletroduto

Descrição da situação-problema

Você está trabalhando como projetista elétrico em uma indústria de alimentos e em uma das áreas limpas da empresa é necessário trocar as eletrocalhas por eletrodutos, a fim de evitar sujeira no ambiente. Você foi contratado para fazer o novo projeto elétrico dessa reforma industrial. Na eletrocalha existente há cinco cabos de 1,5 mm², 10 cabos de 2,5 mm² e sete

cabos de 6 mm². Qual deve ser sua especificação de eletroduto para substituir a eletrocalha?

Resolução da situação-problema

Primeiro, temos que calcular a área total dos 22 cabos utilizando a Tabela 3.12. Temos cinco cabos de 1,5 mm², cada um ocupando uma área de 6,2 mm², mais 10 cabos de seção 2,5 mm² ocupando uma área de 9,01 mm² cada e, por fim, sete cabos de 6 mm² ocupando uma área de 15,2 mm² cada.

Tabela 3.12 | Dimensões nominais com isolação antichamas

Seção Nominal (mm2)	Área
	mm2
1,5	6,2
2,5	9.01
4	11,9
6	15,2
10	24,6
16	33,2
25	56,7
35	71

Fonte: Lima Filho (2011, p. 164).

$$A = 5.6,2 + 10.9,01 + 7.15,2 = 227,5mm^2$$

Somando o total de cabos e o total das áreas, chegamos ao valor de ocupação de 227,5 mm². Com base nesse resultado, podemos procurar na Tabela 3.13 qual eletroduto se adequa para ser instalado na indústria de alimentos, mantendo ainda uma área livre de 40%.

Tabela 3.13 | Eletroduto de PVC rígido

Referência de rosca	Diâmetro Nominal (mm)	Área total aprox. (mm2)	Área útil > 3 cabos (40%)
3/8"	16	126,7	50,7
1/2"	20	203,6	81,4

3/4"	25	346,4	138,6
1"	32	564,1	225,6
1.1/4"	40	962,1	384,8
1.1/2"	50	1244,1	497,6
2"	60	1979,2	791,7

Fonte: Lima Filho (2011, p. 165).

Para o valor de 227,5 mm², o eletroduto que acomoda essa quantidade de cabos e que deve ser instalado na indústria de alimentos com uma área livre de 40% é o de 1.1/4" com 40 mm de diâmetro externo.

Faça valer a pena

1. Os eletrodutos devem ser utilizados em conjunto com as caixas de passagem. Em lugares onde os eletrodutos apresentam um comprimento de 15 m contínuos, entre duas caixas de passagem, qual é o número máximo de curvas 90º que eles podem realizar?

Assinale a alternativa correta:

a) 1.
b) 2.
c) 3.
d) 4.
e) 5.

2. Os eletrodutos são utilizados em obras de diversos tamanhos, desde residências até prédios de vários pavimentos. Assim, qual é a distância máxima que o eletroduto pode percorrer usando a seção nominal dimensionada sem a utilização de caixa de passagem?

Assinale a alternativa correta:

a) 15 m.
b) 20 m.

c) 25 m.
d) 10 m.
e) 30 m.

3. Em uma instalação elétrica de baixa tensão está sendo dimensionado o eletroduto para o cômodo da cozinha. Serão lançado cinco cabos de seção de 4 mm^2 por um certo eletroduto para alimentar algumas tomadas de usos geral e específico. Qual é a seção desse eletroduto?

Assinale a alternativa correta:

a) 40 mm.
b) 16 mm.
c) 32 mm.
d) 25 mm.
e) 20 mm.

Referências

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 5410: instalações elétricas em baixa tensão**. Rio de Janeiro: 2004.

CREDER, H. **Instalações elétricas**. Rio de Janeiro: LTC, 2018.

LIMA FILHO, D. **Projetos de instalações elétricas prediais**. 12. ed. São Paulo: Saraiva, 2011.

PRYSMIAN Energia Cabos e Sistemas do Brasil S. A. **Baixa tensão:** uso geral. [S.l., s.d.]. Disponível em: https://br.prysmiangroup.com/sites/default/files/atoms/files/Guia_Dimensionamento_Baixa_Tensao.pdf. Acesso em: 29 jan. 2019.

Unidade 4

Proteção, segurança e aterramento em instalações elétricas de baixa tensão

Convite ao estudo

Você já levou um choque elétrico ou algum equipamento queimou devido a uma tempestade? A maioria das pessoas já sentiu ou presenciou esse fenômeno, que muitas vezes pode ser facilmente evitado se a instalação elétrica contiver alguns itens de proteção e segurança, como disjuntores de sobrecorrente e curto-circuito, dispositivos diferencial residual (DR) e o dispositivo de proteção contra surtos (DPS), todos esses componentes elétricos de segurança serão abortados nessa Unidade, bem como suas funções, como proceder no dimensionamento e o local de instalação.

Para o melhor entendimento das situações vamos imaginar que você trabalha em uma empresa de projeto elétricos, após o desenvolvimento e acompanhamento de alguns projetos você foi promovido para analista de projetos elétricos sênior. Um novo cliente contratou sua empresa e você foi encarregado de desenvolver um laudo técnico sobre o sistema de proteção elétrica e o sistema de prevenção e combate a incêndio de uma instalação elétrica, esse laudo será utilizado em um processo jurídico. Para a entrega do laudo você marcou com o cliente para apresentar os pontos mais importantes de cada sistema. Nessa apresentação deve conter os objetivos de um sistema de proteção elétrica, seus fundamentos e diretrizes, bem como técnicas utilizadas no combate a incêndio.

Ao decorrer nessa Unidade iremos verificar quais são os dispositivos de segurança de uma instalação elétrica, vamos entender como funciona o sistema de aterramento elétrico em baixa tensão e quais os parâmetros para seu funcionamento e quais os sistemas de combate e prevenção a incêndios. Essa Unidade se destaca por sua visão na segurança dos equipamentos elétricos e nos seres humanos que irão utilizar a instalação elétrica. Devemos seguir todos os procedimentos e normas referentes à segurança para que que os riscos sejam minimizados a valores seguros de operação. Por tudo isso venho convidá-lo a fazer uma leitura atenta para que assim possamos trabalhar sempre com segurança.

Seção 4.1

Aterramento e proteção contra choques elétricos

Diálogo aberto

Bem-vindo a mais uma seção do nosso curso de instalações elétricas em baixa tensão, iremos estudar os perigos que o trabalho com eletricidade acarreta, você já sentiu ou presenciou um choque elétrico? Tais efeitos da eletricidade podem causar diversos problemas à saúde tanto diretamente pelas queimaduras, problemas oculares, entre outros, como indiretamente por choque mecânico ou acidente em altura.

A fim de evitar esses perigos, iremos estudar os principais equipamentos de segurança individual, você já visitou algum canteiro de obras onde os trabalhadores estão utilizando capacetes de segurança? Também vamos explicar o funcionamento do dispositivo de proteção à corrente diferencial, conhecido como DR, e explicar os objetivos e finalidades do aterramento em uma instalação elétrica.

Para melhor exemplificar esse conteúdo vamos idealizar a seguinte situação, você trabalha em uma empresa de projetos elétricos, essa atua tanto desenvolvendo projetos residenciais como industriais e atualmente a empresa foi contratada para desenvolver um laudo técnico sobre o sistema de proteção elétrica e o sistema de prevenção e combate a incêndio de uma residência, esse laudo será utilizado em um processo jurídico. Seu coordenador atribui a você essa atividade, visto suas experiências anteriores, ele lhe notifica sobre a próxima reunião com o cliente e que você precisa apresentar um laudo preliminar sobre a situação. Verificando a lista de materiais do projeto elétrico em questão, você percebeu que os cabos que serão utilizados como terra foram comprados na cor vermelha, mesma cor utilizada para os cabos da fase. De acordo com a NBR 5410 (ABNT, 1992), quais as implicações e observações que a norma traz a respeito da identificação do cabo de proteção (terra)?

Ainda nessa seção será abordado como a NR 10 (BRASIL, 2004) regula o trabalho com eletricidade e os procedimentos para uma sinalização com segurança envolvendo circuitos elétricos, também será sugerido uma leitura mais aprofundada sobre o dispositivo de proteção contra surtos e como fazer sua devida instalação elétrica.

Todo o material foi desenvolvido com base em questões práticas e muitos tópicos são essenciais para um trabalho seguro, principalmente em indústrias e obras em andamento. Essas informações, além de serem vividas diariamente, são cobradas em muitos concursos públicos.

Não pode faltar

Choques elétricos são causados pela passagem da corrente elétrica pelo corpo humano, essa sensação desagradável pode ter vários níveis, causando desde pequenas contrações musculares até queimaduras, e em casos mais graves a morte da vítima.

De acordo com Geddes e Fish (2009), o que determina as consequências do choque é a intensidade da corrente elétrica, ou seja, o valor da corrente, alguns estudos relatam as consequências desse fenômeno em razão dos valores de corrente elétrica, veja a seguir:

- Corrente de 1 mA a 10 mA podem provocar apenas uma sensação de formigamento;
- Correntes entre 10 mA e 20 mA podem causar uma sensação dolorosa;
- Correntes maiores que 20 mA causam dificuldades na respiração e podem causar morte por asfixia se não socorrido a tempo;
- Correntes superiores a 100 mA são muito perigosas com alto poder de morte, pois interferem diretamente no coração, alterando suas contrações para formas irregulares, esse fenômeno é chamado fibrilação cardíaca;
- Correntes superiores a 200 mA provocam graves queimaduras e parada cardíaca.

Em caso de equipamentos elétricos, como painéis, transformadores e geradores, é essencial a sinalização do perigo elétrico, esse deve ser evidenciado através do símbolo apresentado na Figura 4.1.

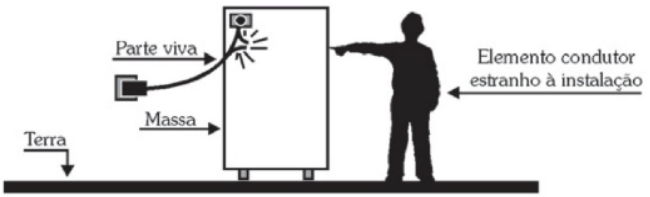
Figura 4.1 | Simbologia de Perigo! Eletricidade

Fonte: iStock.

Para que ocorra o choque elétrico é necessário alguns fatores e condições, a primeira é a existência de uma "Parte viva", como exemplo, uma fase sem isolação, essa pode ou não estar em contato com uma "Massa", que é a parte condutora de um equipamento que não deveria conduzir corrente elétrica e, por fim, temos o "Elemento condutor estranho à instalação", esse não faz parte da instalação elétrica, como exemplo temos o operador de máquina, e apresenta normalmente uma potência do terra.

Quando o Elemento condutor estranho encosta na Massa, a corrente elétrica flui da Parte viva para o potencial do terra através da pessoa, causando o choque elétrico. Este fenômeno está ilustrado na Figura 4.2.

Figura 4.2 | Choque elétrico



Fonte: Lima Filho (2011, p. 201).

Visão geral da norma de segurança NR-10

A Norma Regulamentadora 10 – Segurança em Instalações e Serviços em Eletricidade, é a norma brasileira que dita os princípios básicos da segurança em atividades e instalações elétricas e tem como objetivo salvaguardar os trabalhadores e leigos contra riscos inerentes à energia elétrica.

Saiba mais

A NR 10 (BRASIL, 2004) pode ser acessada direto no site do Ministério do Trabalho, essa é constituída por 13 páginas que servem como guia para o trabalhado seguro com eletricidade.

A NR 10 (BRASIL, 2004) deve ser aplicada desde a geração, transmissão e distribuição de energia elétrica até o consumidor final, nas etapas de montagem, operação e manutenção de instalações elétricas. Assim, as pessoas que trabalham em instalações elétricas devem possuir autorização para exercício dessas atividades relacionadas com eletricidade. A NR 10 (BRASIL, 2004) estabelece 4 classificações para o trabalhador:

- **Trabalhador qualificado**: aquele que comprovar conclusão de curso específico na área elétrica reconhecido pelo Sistema Oficial de Ensino, neste caso o MEC.

- **Trabalhador habilitado:** trabalhador previamente qualificado e com o registro no competente conselho de classe, como exemplo o CREA.
- **Trabalhador capacitado**: aquele que atende às seguintes condições simultaneamente: receba capacitação sob orientação e responsabilidade de profissional habilitado e autorizado; trabalhe sob a responsabilidade de profissional habilitado e autorizado.
- **Profissional autorizado:** trabalhadores qualificados ou capacitados e os profissionais habilitados, com autorização da empresa.

Assimile

Muitas vezes os trabalhadores são profissionais capacitados para o trabalho com eletricidade, isso quer quiser que eles são formados na área e com registro no órgão competente da profissão, mas a empresa não autoriza sua atuação direta com eletricidade. Já, quando um profissional capacitado é autorizado pela empresa a trabalhar com eletricidade, ele é chamado de profissional autorizado, apresentando todas as competências do profissional capacitado e tal autorização.

A lei estabelece que trabalhos realizados com eletricidade são considerados perigosos, havendo a necessidade de um pagamento adicional ao salário do funcionário. Os principais riscos inerentes a essa atividade são:

- Curto-circuito: contato direto ou indireto entre fase e fase ou fase e terra, caracterizado por apresentar uma corrente elevada, pode causar queimaduras, incêndios e explosões.
- Arco voltaico: ruptura de isolação do ar pela diferença de potência, causado por mau contato, perda de isolação etc. Pode causar queimadura, problemas na retina.
- Choque elétrico: passagem da corrente elétrica pelo corpo humano, com efeitos de queimadura, arritmia cardíaca, parada respiratória. Entre outros efeitos podemos destacar efeitos indiretos, como queda e batidas.

A fim de evitar e diminuir os perigos apresentados nessas situações, os trabalhadores são obrigados a utilizar os equipamentos de proteção individual (EPIs), esses devem ser fornecidos para o trabalhador pela empresa. Os EPIs podem variar dependendo dos riscos que o trabalhador estará exposto. Podemos citar como EPIs os seguintes itens: capacete, óculos, luva, sapado de segurança, vestimenta adequada, entre outros.

Um ponto importante a ser destacado da NR 10 (BRASIL, 2004) é em relação ao procedimento de sinalização de segurança, nas instalações e serviços com eletricidade deve ser adotado o seguinte procedimento de sinalização:

a. Identificação de circuitos elétricos;

b. Travamentos e bloqueios de dispositivos e sistemas de manobra e comando;

c. Restrições e impedimentos de acesso;

d. Delimitações de áreas;

e. Sinalização de área de circulação, de vias públicas, de veículos e de movimentação de cargas;

f. Sinalização de impedimento de energização;

g. Identificação de equipamento ou circuito impedido.

Aterramento

O aterramento é a ligação intencional com a Terra (menor potencial) para escorrer correntes indesejadas e/ou perigosas que podem estar circulando em uma instalação elétrica, como descargas atmosféricas e curto-circuito. Assim podemos definir o objetivo do aterramento como sendo: proteção da integridade física das pessoas e dos equipamentos.

Toda instalação elétrica residencial deve ser preparada para receber o condutor terra, esse é formado junto com o padrão de entrada, fixando uma haste de cobre nu ao lado do padrão de entrada, com comprimento e seção especificado pela concessionária local.

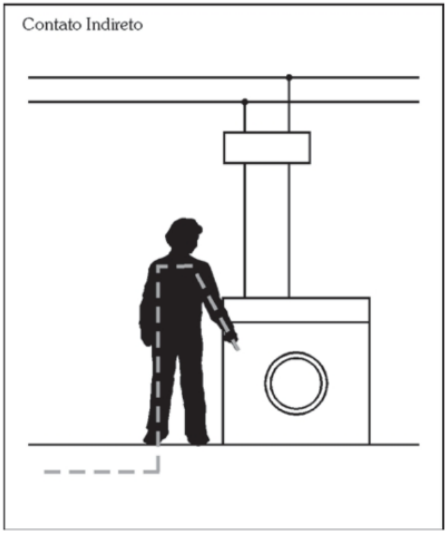
Exemplificando

A concessionária Elektro especifica que a entrada consumidora deve possuir um ponto de aterramento onde será interligado o condutor neutro do ramal de entrada e os aterramentos da caixa para medição metálica e poste de aço. A haste utilizada deve ser uma haste de aço revestida de cobre de 12 mm de diâmetro (mínimo) e 2400 mm de comprimento e demais características conforme NBR 13571 (ABNT, 1996).

A NBR 5410 (ABNT, 1992) exige que se a identificação do cabo de proteção for feita por uso de cor, esse deve ser utilizado ou na cor verde ou verde e amarelo. Outra forma de identificação é através de anilhas ao longo do seu comprimento.

Todo equipamento elétrico deve receber o condutor de proteção, tanto para seu correto funcionamento como para equipotencialização da carcaça metálica, esse feito faz com que os elementos metálicos na máquina estejam na mesma potência do terra, evitando assim um possível choque elétrico com o contato da pessoa, se houver uma parte viva em seu interior, fazendo com que a corrente não passe pelo ser humano, mas procure o caminho de menor resistência para a terra.

Figura 4.3 | Contato com a parte externa do equipamento e o caminho da corrente, sendo um contato indireto com a parte viva

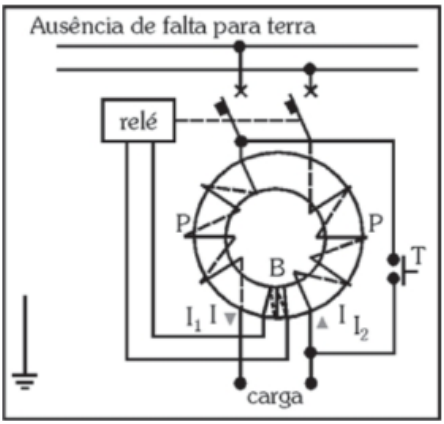


Fonte: Lima Filho (2011, p. 207).

Dispositivos de proteção à corrente diferencial

O dispositivo de proteção diferencial residual (DR) é responsável por monitorar fuga de corrente da instalação elétrica, tanto para o terra como para um ser humano. O DR funciona da seguinte forma, ele monitora o fluxo de corrente que entra no circuito e faz a diferença com o valor da corrente que sai do circuito, se essa corrente for maior que o valor especificado para sua atuação, o DR atua, desligando o circuito. A Figura 4.4 apresenta a representação do funcionamento do dispositivo. Normalmente a corrente de atuação do DR é de 30 mA.

Figura 4.4 | Funcionamento elétrico de um dispositivo DR



Fonte: Lima Filho (2011, p. 207).

Saiba mais

Para surtos causados por descargas atmosféricas existe um componente de segurança conhecido como dispositivo de proteção contra surtos (DPS). Esse deve ser instalado na entrada de energia da residência junto ao disjuntor geral.

De acordo com a NBR 5410 (ABNT, 1992), o DR é obrigatório em instalações elétricas desde 1997 para os seguintes casos:

- Para circuitos que contenham chuveiro ou banheiras.
- Em circuitos que contenham tomadas localizadas na área externa da edificação.
- Circuitos de tomadas internas, mas que podem ser utilizadas por equipamentos na área externa.
- Em circuitos que sirvam a pontos de utilização situados em cozinhas, copas, lavanderias, áreas de serviço, garagens e demais dependências internas normalmente molhadas ou sujeitas a lavagens.

Reflita

A ABNT NBR 5410 (ABNT, 1992) possibilita a instalação do DR nos circuitos terminais ou a instalação de apenas um único DR geral para todos os circuitos. Quais as vantagens e desvantagens econômicas e técnicas para cada tipo de instalação?

Sem medo de errar

Vamos relembrar a situação que descrevemos no início do texto, onde você trabalha em uma empresa de projetos elétricos, essa atualmente foi contratada para desenvolver um laudo técnico sobre o sistema de proteção elétrica e o sistema de prevenção e combate a incêndio de uma residência, esse laudo será utilizado em um processo jurídico. Verificando a lista de materiais do projeto elétrico, você percebeu que os cabos que serão utilizados como terra foram comprados na cor vermelha, mesma cor utilizada para os cabos da fase.

A identificação dos cabos elétricos é uma questão de segurança, visto que o eletricista pode utilizar dessa identificação para tomar atitudes em seu cotidiano. A ABNT NBR 5410 (ABNT, 1992), no item 6.1.5.3.2, relata que qualquer cabo isolado pode ser utilizado como cabo de proteção (terra), desde que esteja identificado de acordo com essa função. Em caso de identificação por cor, esse deve ser obrigatoriamente na cor verde ou dupla coloração verde-amarela.

Na lista de materiais consta a compra do cabo terra na cor vermelha, mesma cor utilizada pelo cabo fase. Se o projeto constar a devida identificação desse cabo não há problemas em sua utilização como cabo de proteção, mas normalmente em residências o padrão adotado é a identificação por cor, sendo necessário a troca do cabo vermelho pela cor verde ou verde-amarela.

O laudo técnico a ser apresentado deve conter todas essas informações relatadas anteriormente, esse ponto é muito importante pois trata de um item de segurança em instalações elétricas.

Assim você foi capaz de realizar um entrega parcial para o cliente sobre os itens de segurança do projeto elétrico, esse laudo poderá ser utilizado no julgamento correspondente.

Avançando na prática

Instalação do dispositivo de proteção diferencial residual

Descrição da situação-problema

Você abriu seu próprio escritório em projeto elétricos, e essa semana um senhor te contratou para reformar o quadro de distribuição de sua residência, visto que esse está com mais de 30 anos de uso. Você foi à residência para

fazer o levantamento dos componentes que serão necessários para efetuar a compra, e está na etapa de comprar os DR do QD. Você determinou a existência dos seguintes circuitos na residência, apresentados na Tabela 4.1. Com base nessa lista de circuitos, especifique o número de DR que será necessário para fazer o pedido de compra.

Tabela 4.1 | Lista de circuitos da residência

Circuito	Área/Equipamento
1	Chuveiro
2	Quarto 1
3	Quarto 2
4	Área Externa
5	Cozinha
6	Iluminação Interna
7	Sala

Fonte: elaborada pelo autor.

Resolução da situação-problema

De acordo com NBR 5410 (ABNT, 1992), é obrigatório o uso de DR nos seguintes casos:

- Para circuitos que contenham chuveiro ou banheiras.
- Em circuitos que contenham tomadas localizadas na área externa da edificação.
- Circuitos de tomadas internas, mas que podem ser utilizadas por equipamentos na área externa.
- Em circuitos que sirvam a pontos de utilização situados em cozinhas, copas, lavanderias, áreas de serviço, garagens e demais dependências internas normalmente molhadas ou sujeitas a lavagens.

Assim, para as áreas da Tabela 4.1, será necessário a compra de três DRs para os seguintes circuitos: 1, 4 e 5.

Faça valer a pena

1. A Norma Regulamentadora (NR10) classifica o profissional dependendo de sua capacitação, qualificação, habilitação e autorização. Qual a classificação do profissional que recebe qualificação, capacitação e autorização da empresa para atuação?

Assinale a alternativa correta.

a) Profissional capacitado.
b) Profissional qualificado.
c) Profissional habilitado.
d) Profissional registrado.
e) Profissional autorizado.

2. O dispositivo de proteção à corrente diferencial, conhecido como DR, atua monitorando a diferença entre a corrente que entra no circuito e a corrente que sai. Assim, a NBR 5410 especifica alguns circuitos de uso obrigatório para a instalação do DR.

Assinale a alternativa correta.
a) Quartos de hotéis.
b) Tomadas de uso específico.
c) Chuveiros e banheiras.
d) Locais perigosos.
e) Salas e dormitórios.

3. De acordo com a NR 10 (BRASIL, 2004), os indivíduos devem utilizar os equipamentos de proteção individual, esses são fornecidos pela empresa. Assim, constitui-se uma medida de proteção individual nos trabalhos em instalações elétricas de baixa tensão:

Assinale a alternativa correta.
a) Isolação de partes vivas.
b) Barreiras.
c) Sinalização.
d) Sistema de seccionamento automático da alimentação.
e) Luva de borracha.

Seção 4.2

Dispositivos de proteção

Diálogo aberto

Iniciamos mais uma seção, onde o conteúdo abordado será segurança e proteção em instalações elétricas. Você já viu algumas reportagens no telejornal ou nas redes sociais sobre residências, museus ou indústrias que pegaram fogo, em razão de um problema na instalação elétrica como por exemplo um curto-circuito ou uma sobrecorrente? Esse tipo de incidente ocorre geralmente por um erro no dimensionamento na proteção elétrica ou por falta de manutenção corretiva e/ou preventiva. Nessa seção iremos estudar como funciona o dispositivo disjuntor termomagnético (DTM) e suas aplicações nas instalações elétricas, iremos conhecer seu funcionamento e como ele deve ser instalado no quadro de distribuição.

Para melhor entendimento das ideias propostas, vamos imaginar a seguinte situação, você trabalha em uma empresa de projetos elétricos, que desenvolve desde pequenos projetos para residências até grandes subestações para indústrias. Atualmente a empresa foi contratada para desenvolver um laudo técnico que será utilizado em um processo jurídico sobre uma instalação elétrica que pegou fogo. Devido a sua experiência, o seu coordenador lhe atribuiu a responsabilidade de analisar, investigar e apresentar um laudo técnico sobre as possíveis causas desse incêndio. Analisando as informações fornecidas pelo corpo de bombeiros, foi constatado que o incêndio se iniciou na instalação elétrica. Com esta informação, você ficou encarregado de verificar o dimensionamento dos disjuntores, dados registrados na Tabela 4.2.

Tabela 4.2 | Dados analisados no projeto elétrico

Circuito	Disjuntor	Corrente de Projeto	Capacidade do Cabo
Circuito 1	10 A	7 A	18 A
Circuito 2	16 A	15 A	18 A
Circuito 3	32 A	14 A	18 A
Circuito 4	40 A	22 A	28 A

Fonte: elaborada pelo autor.

Com base nesses dados adquiridos pela análise do projeto elétrico, é possível fazer quais comentários sobre o dimensionamento do DTM para essa instalação? Será que ocorreu um mau dimensionamento dos dispositivos de segurança?

Faço o convite para que você estude essa seção com muita atenção, iremos abordar o aspecto de segurança aplicado à NBR 5410 e como deve ser feito o

dimensionamento dos dispositivos de segurança em uma instalação elétrica. Quando um projetista assina a responsabilidade de um projeto elétrico ele está ciente de todas as responsabilidades e perigos que uma instalação pode apresentar se dimensionada erradamente.

Não pode faltar

Prescrições estabelecidas pela NBR 5410

A Norma brasileira de instalações elétricas de baixa tensão – NBR 5410 (ABNT, 2004), como foi comentado anteriormente, apresenta normativas a serem seguidas com relação à proteção no caso de curtos-circuitos e sobrecorrentes de seres humanos, animais e da própria instalação elétrica. Os curtos-circuitos são problemas que ocorrem nas instalações elétricas por diversos motivos, dentre eles podemos citar o rompimento da isolação do cabo fase em contato com o potencial terra. Esses são caracterizados pelo aumento de milhares de vezes do valor da corrente nominal em um curto período de tempo, já a sobrecorrente apresenta um menor aumento da corrente, sendo algumas vezes maior que o valor da corrente nominal por um período de tempo maior que o curto-circuito, podendo ser causado por um mal contato no painel elétrico.

Ambos os efeitos são prejudiciais para os seres humanos, animais e à própria instalação elétrica, sendo sua rápida detecção fundamental para prevenir maiores problemas. Para tal existem diversos dispositivos de proteção elétrica, entre eles iremos destacar e conhecer melhor o funcionamento do dispositivo conhecido como disjuntor termomagnético, apresentado na Figura 4.5. Este tem a função de interromper/abrir o circuito que está apresentando a falha de operação, para que o eletricista possa detectar o local da causa raiz da falha elétrica.

Figura 4.5 | Disjuntor termomagnético bipolar

Fonte: Pixabay.

Assim a NBR 5410 (ABNT 2004) exige a proteção da instalação elétrica, seres humanos e animais contra os efeitos de sobrecorrente e curto-circuito.

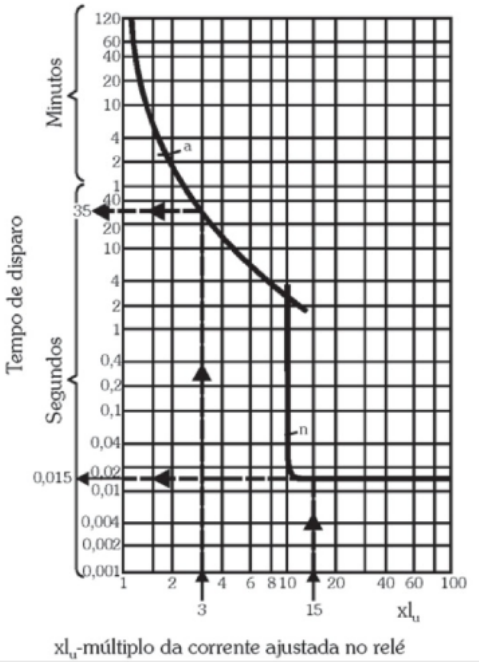
Características dos dispositivos de proteção

O disjuntor termomagnético (DTM) é um aparelho de manobra que deve ligar e desligar o circuito que ele está protegendo, tanto em situação normal de operação quanto em condição de falha de operação, dentro dos seus valores estabelecidos de operação. Por isso é importante dimensionar o dispositivo de proteção de acordo com seu regime de trabalho nominal.

O DTM é um dispositivo que se autodesarma perante calor atípico causado pela sobrecorrente ou pela variação do campo magnético formado pelo alto valor da corrente de curto-circuito. Esse equipamento é encontrado no mercado para circuitos monofásicos, bifásicos ou trifásicos.

A Figura 4.6 apresenta a curva de disparo de um DTM, onde o eixo horizontal apresenta os múltiplos da corrente do disjuntor e o eixo vertical apresenta o tempo de disparo em minutos e segundos.

Figura 4.6 | Curva de disparo do DTM



Fonte: Lima Filho (2011, p. 174).

Exemplificando

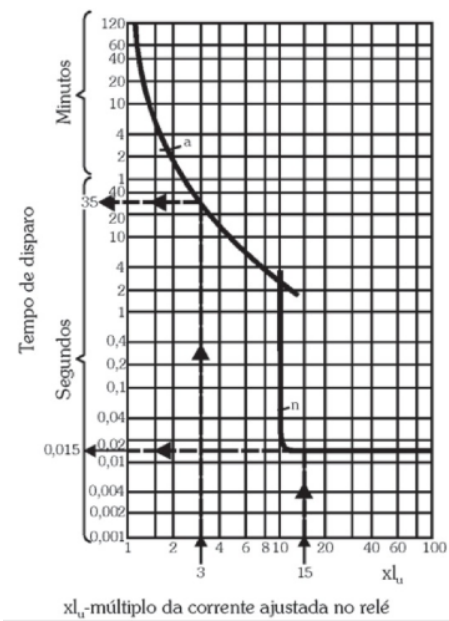
Observando a curva de disparo do DTM da Figura 4.7, determine o tempo de disparo para as correntes de 600 A e 3000 A.

R.: O eixo vertical da Figura 4.7 apresenta o tempo de disparo do dispositivo e o eixo na horizontal apresenta os múltiplos de corrente ajustado para atuação. Para o primeiro caso de 600 A temos que o dividir pela corrente ajustada de 200 A para obter valor 3 vezes a corrente ajustada, já para a corrente de 3000 A, obtém-se o valor de 15 vezes.

$$x_1 = \frac{l_1}{lu} = \frac{600}{200} = 3$$

$$x_2 = \frac{l_2}{lu} = \frac{3000}{200} = 15$$

Figura 4.7 | Curva de disparo do DTM



Fonte: Lima Filho (2011, p. 174).

Observando a curva chegando aos valores de 35 segundos para a corrente de 600 A (atuação térmica), e 0,015 segundos para a corrente de 3000 A (atuação magnética).

Os disjuntores termomagnéticos são os dispositivos de proteção mais comuns utilizados em residências, mas podemos encontrar outros componentes de segurança como relés e fusíveis.

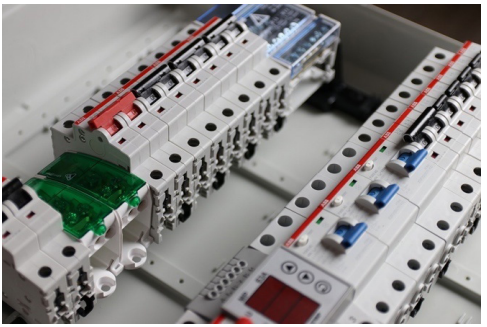
Os fusíveis são dispositivos de segurança, que apresentam uma construção mais simples que os disjuntores termomagnéticos. Em seu interior há um filamento que abre quando a corrente ultrapassar o limite permitido pelo fusível, evitando assim um curto-circuito ou sobrecorrente. Após sua atuação na proteção elétrica, esses devem ser substituídos por novos, diferente dos disjuntores que podem ser reaproveitados. Atualmente os fusíveis são utilizados em sua maioria para proteção de linhas de distribuição, por apresentarem um baixo custo de compra e de instalação. A Figura 4.8 ilustra um fusível de estrutura cerâmica.

Figura 4.8 | Fusível de cerâmica

Fonte: Pixabay.

Os DTMs apresentam diversos ajustes possíveis dependendo do seu nível de inteligência, sendo mais utilizados em indústrias e aplicações em média e alta tensão. No caso residencial, os disjuntores são utilizados para proteção e manobra dos circuitos terminais, sendo montados nos quadros de distribuição, conforme ilustra a Figura 4.9.

Figura 4.9 | Quadro de distribuição com disjuntores



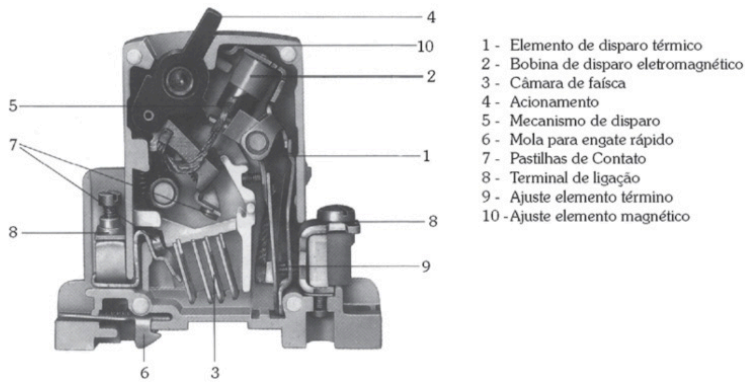
Fonte: Pixabay.

Para a completa e correta especificação de um disjuntor termomagnético, o projetista deve especificar as seguintes características nominais do DTM:

- Número de polos;
- Tensão nominal (V);
- Frequência (Hz);
- Capacidade de interrupção da corrente de curto-circuito (kA);
- Corrente nominal (A);
- Faixa de ajuste do disparador magnético (caso opcional);
- Faixa de ajuste do disparador térmico (caso opcional).

A Figura 4.10 apresenta um DTM em corte com vista interna, sendo indicado seus principais componentes.

Figura 4.10 | Corte transversal de um DTM



Fonte: Lima Filho (2011, p. 178).

Reflita

Motores elétricos apresentam uma corrente de partida direta de 5 a 8 vezes maior que sua corrente nominal, podendo ser confundida como uma sobrecorrente para o dispositivo de proteção. Para esses casos é necessário que o DTM seja especifico para essa aplicação de partida de motores, conhecido como disjuntor motor. Como deve ser a curva de disparo desse componente de proteção?

Dimensionamento dos dispositivos de proteção

Conforme a NBR 5410 (ABNT 2004), devem ser previstos dispositivos de proteção para interromper toda corrente de sobrecarga nos condutores elétricos dos circuitos de distribuição antes que esta possa provocar um aquecimento prejudicial à isolação, às ligações, aos terminais ou às linhas na vizinhança.

Assimile

A utilização dos disjuntores termomagnéticos não tem como objetivo a proteção dos equipamentos elétricos, mas sim a proteção e segurança da instalação elétrica. Quem tem a responsabilidade sobre a segurança dos equipamentos são seus respectivos fabricantes.

O dimensionamento do disjuntor deve estar coordenado com a corrente de projeto e a capacidade de condução do cabo elétrico. A Equação 4.1 apresenta essa relação, visto que o cabo elétrico precisa suportar a corrente de projeto e a corrente de interrupção do disjuntor.

$$Ib \leq In \leq Iz \quad (4.1)$$

Onde:

Ib = corrente de projeto.

In = corrente nominal do disjuntor.

Iz = capacidade de condução de corrente do condutor.

Por sua vez os disjuntores apresentam valores padronizados de corrente, variando dependendo do fabricante, a Tabela 4.3 apresenta esses valores para o fabricante WEG.

Tabela 4.3 | Corrente nominal dos disjuntores do fabricante WEG

Corrente Nominal (A)
6 A
10 A
16 A
25 A
32 A
40 A
50 A

Fonte: adaptada de WEG ([s.d.], [s.p.]).

Exemplificando

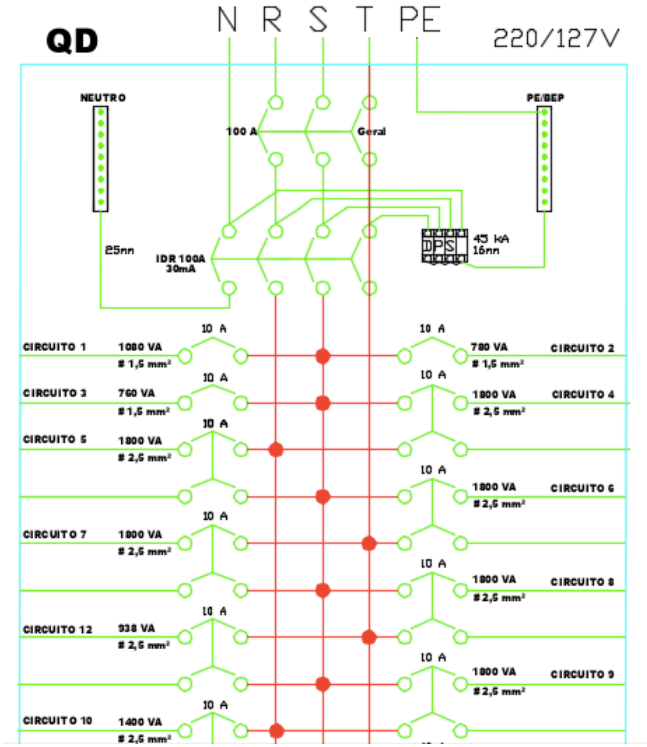
Um circuito terminal tem uma corrente de projeto de 10 A e está dimensionado com um condutor de 2.5 mm^2 que suporta uma corrente máxima de 25 A. Qual disjuntor deve ser instalado para a proteção e manobra desse circuito?

R.: Com base na equação $Ib \leq In \leq Iz$, que descreve a relação entre a corrente de projeto do circuito, a corrente nominal do disjuntor e a capacidade de corrente do cabo podem montar a seguinte equação: $10 \leq In \leq 25$. Com base na Tabela 4.2 devemos escolher o disjuntor de 16 A para a proteção e manobra do circuito terminal. Pois com esse valor o disjuntor será capaz de permitir a passagem de 10 A para alimentar os equipamentos elétricos e, em uma eventual sobrecorrente, o dispositivo de proteção irá atuar antes de atingir a capacidade máxima do cabo.

Configurações dos quadros de distribuição

O dimensionamento do disjuntor geral do quadro de distribuição deve ser igual ou de valor menor ao especificado pela concessionária local para o padrão de entrada. Todos os circuitos terminais devem ter seus disjuntores dimensionados tanto pela corrente nominal como pela corrente de curto-circuito. A Figura 4.11 apresenta um quadro de distribuição para uma residência, nele também é necessário a instalação de dois barramentos para receber o cabo neutro e o cabo terra.

Figura 4.11 | Diagrama do quadro de distribuição



Fonte: elaborada pelo autor.

No exemplo de quadro de distribuição da Figura 4.11, o DR foi instalado logo após o disjuntor geral. Para a proteção contra corrente de fuga em todos os circuitos, também foi instalado um DPS para proteção contra surtos elétricos. Para os circuitos com duas fases foi escolhido disjuntores bipolares e circuitos de apenas uma fase, disjuntores monopolares. Esse tipo de montagem é conhecido como "espinha de peixe", sua principal desvantagem é a transferência de calor dos componentes localizados naparte inferior do quadro para os componentes instalados na parte superior.

Saiba mais

Para o dimensionamento da corrente de curto-circuito é necessário considerar a impedância do cabo até o transformador que alimenta a residência. Com base nesse dado é possível estimar a impedância entre a fase e o terra do transformador. Com esses valores, divida-os pela tensão de operação do circuito para determinar a corrente de curto-cir-

cuito. Para mais informações, consultar a referência abaixo:
LIMA FILHO, D. **Projetos de Instalações Elétricas Prediais**, 12. ed. São Paulo: SARAIVA, 2011.

Chegamos ao final de mais uma seção, espero que você tenha aproveitado e assimilado todo o conteúdo apresentado.

Sem medo de errar

Como apresentado anteriormente, você trabalha em uma empresa de projeto elétricos, essa foi contratada para desenvolver um laudo técnico sobre uma instalação elétrica que pegou fogo devido a problemas na instalação elétrica. Analisando o projeto elétrico você elaborou a Tabela 4.2. Com base em seus conhecimentos, podemos fazer quais comentários sobre o dimensionamento dos disjuntores termomagnéticos?

Tabela 4.2 | Dados analisados no projeto elétrico

Circuito	Disjuntor	Corrente de Projeto	Capacidade do Cabo
Circuito 1	10 A	7 A	18 A
Circuito 2	16 A	15 A	18 A
Circuito 3	32 A	14 A	18 A
Circuito 4	40 A	22 A	28 A

Fonte: elaborada pelo autor.

Tendo em vista a equação $Ib \leq In \leq Iz$ pode-se fazer a análise do dimensionamento do DTM para cada circuito com base na corrente de projeto e na capacidade de corrente do cabo.

Circuito 1

$7 \leq 10 \leq 18A$

Circuito 2

$15 \leq 16 \leq 18A$

Circuito 3

$15 \leq 32 \leq 18A$

Circuito 4

$22 \leq 40 \leq 28A$

Como pode-se notar o DTM dimensionado para os Circuito 1 e 2 estão corretos, mas para os Circuitos 3 e 4 os componentes de proteção estão com valores acima da capacidade de corrente do cabo elétrico, isso pode causar um sobreaquecimento nos cabos sem a atuação do DTM. O correto seria um disjuntor de 16 A para o Circuito 3 e um disjuntor de 25 A para o Circuito 4.

Essa análise técnica embasa na NBR 5410 (ABNT, 2004), deve ser apresentada para o cliente como possível causa do incêndio, formando um laudo técnico sobre as condições do projeto elétrico em questão, assim você foi capaz de apresentar ao cliente o laudo técnico que será utilizado do processo jurídico.

Avançando na prática

Dimensionamento de disjuntores

Descrição da situação-problema

Após alguns anos trabalhando na indústria, você recentemente abriu um escritório que trabalha na área de projetos elétricos industriais e residenciais, desenvolvendo projetos, laudos técnicos e palestras na área elétrica. Atualmente você foi contratado para desenvolver o projeto elétrico de uma expansão de uma grande indústria de tecidos. O projeto se encontra na fase de elaboração do quadro de distribuição para uma nova área de máquinas. Você foi até a indústria fazer o levantamento técnico das informações necessárias para dimensionar os dispositivos de segurança. Os fabricantes dos equipamentos descrevem em seus manuais técnicos quais cabos devem ser utilizados e a corrente nominal dos equipamentos. Com essas informações, você foi capaz de gerar a seguinte Tabela 4.4.

Tabela 4.4 | Novos equipamentos a serem instalados e seus respectivos cabos

Equipamento	Corrente (A)	Cabo (mm^2)
Motor 1	10	4
Motor 2	25	6
Motor 3	40	10

Fonte: elaborada pelo autor.

Agora, com essas informações você deverá dimensionar os disjuntores.

Resolução da situação-problema

Para responder essa questão precisamos saber qual a capacidade de corrente para cada cabo elétrico. Supondo uma instalação em eletrocalha,

método comum na indústria, podemos completar a tabela 4.5 com a capacidade de corrente de cada cabo.

Tabela 4.5 | Novos equipamentos a serem instalados e seus respectivos cabos

Equipamento	Cabo (mm^2)	Cabo (mm^2)	Capacidade de Corrente (A)
Motor 1	4	4	23
Motor 2	6	6	38
Motor 3	10	10	52

Fonte: elaborada pelo autor.

Com essa nova informação devemos escolher um disjuntor com capacidade de corrente abaixo da capacidade de condução do cabo e superior à corrente nominal do motor (Tabela 4.6).

Tabela 4.6 | Novos equipamentos a serem instalados e seus respectivos cabos e disjuntores

Equipamento	Cabo (mm^2)	Cabo (mm^2)	Capacidade de Corrente (A)	Disjuntor (A)
Motor 1	4	4	23	16
Motor 2	6	6	38	32
Motor 3	10	10	52	50

Fonte: elaborada pelo autor.

Com isso, você realizou o dimensionamento dos disjuntores.

Faça valer a pena

1. A NBR 5410 (ABNT, 2004) determina a utilização de componentes de proteção elétrica para segurança em instalações elétricas. O disjuntor termomagnético é responsável pela manobra e proteção contra quais efeitos indesejados que podem surgir em uma instalação elétrica?

Assinale a alternativa correta.
a) Corrente de fuga.
b) Surtos e descargas atmosféricas.
c) Sobrecorrente e curto-circuito.
d) Sobrecorrente e corrente de fuga.
e) Curto-circuito e descargas atmosféricas.

2. A Norma Brasileira Reguladora 5410 (ABNT, 2004) prevê em seu texto o dimensionamento de dispositivos de segurança elétrica, entre eles podemos destacar o disjuntor termomagnético. Tal dispositivo atende a segurança de sobrecorrente e curto-circuito.

Esse equipamento de proteção tem qual principal objetivo em uma instalação elétrica?
a) Proteção dos equipamentos elétricos.
b) Proteção dos equipamentos elétricos e dos seres humanos.
c) Proteção contra queima de equipamentos.
d) Proteção dos seres humanos, animais e da instalação elétrica.
e) Proteção contra choques elétricos.

3. O dimensionamento do disjuntor deve obedecer a alguns limites de corrente, como a capacidade de corrente do cabo do circuito terminal e a corrente de projeto. A capacidade de corrente pode variar dependendo do tipo de cabo e da maneira que esse foi instalado.

Com base nessas informações, assinale a alternativa que contém corretamente a corrente do disjuntor para uma corrente de projeto de 17 A e uma capacidade de condução do cabo de 31 A.
a) 25 A.
b) 16 A.
c) 32 A.
d) 40 A.
e) 50 A.

Seção 4.3

Prevenção e combate a incêndio em instalações elétricas de baixa tensão

Diálogo aberto

Seja bem-vindo à última seção do nosso curso instalações elétrica em baixa tensão, nosso foco ainda continua sendo segurança em instalações elétricas, você já presenciou algum acidente elétrico? Ou já viu uma fagulha sendo formada por um curto-circuito? Existem diversas maneiras de se começar um incêndio, de forma natural ou de forma artificial. Para fazer, da melhor forma possível, o combate à chama, é necessário entender quais materiais estão envolvidos no incidente. Assim se faz muito importante o conhecimento dos produtos e da infraestrutura das residências, fábricas, teatros, shoppings, entre outros no combate aos incêndios.

Para melhor apresentar o conteúdo e seu entendimento, vamos imaginar a seguinte situação: você trabalha em uma empresa de projeto elétrico, essa desenvolve projetos desde pequenas casas até subestações industriais, outra área da empresa é a elaboração de laudos técnicos na área elétrica, tanto em segurança como em manutenção. Atualmente a empresa foi contratada para a elaboração de um laudo técnico que será utilizado em um processo jurídico sobre um incidente em uma instalação elétrica, você foi alocado pelo seu coordenador para a elaboração desse laudo e contato direto com o cliente para esclarecer qualquer dúvida que ele possa apresentar. O cliente sugeriu que na próxima reunião você deve preparar uma apresentação para explicar como a norma brasileira descreve os procedimentos de manutenção em uma instalação elétrica e quais as principais causas de problema elétrico em uma residência familiar, para que ele possa se familiarizar melhor com o assunto tratado.

Nesta seção iremos abordar como os incêndios são classificados e quais tipos de extintores existem para o combate à chama, outro ponto importante é a manutenção em instalações elétricas, como a NBR 5410 (ABNT, 1992) descreve esse procedimento e possíveis pontos de problema em uma instalação.

Todo esse material foi elaborado para que você seja capaz de contribuir, diminuir e prevenir falhas elétricas em uma instalação, quero deixar meus parabéns e que você faça a diferença no mercado de trabalho. Boa sorte e bom trabalho.

Características dos incêndios

Os incêndios podem começar de diversas formas e por inúmeros motivos, sendo muito importante detectar sua origem e causas, tanto para fins legais, como para futuras prevenções. Podemos ter causas naturais, neste caso o incêndio é originado por meio de um fenômeno natural, totalmente independente da vontade humana, ou causas artificiais, que acontecem quando o incêndio é provocado pela ação humana tanto de forma proposital como em caso acidental. Os incêndios podem ser classificados em cinco formas diferentes: Classe A, Classe B, Classe C, Classe D e Classe K. Cada classificação de incêndio é determinada com base no comburente, isso quer dizer, no material que está em chama, o combustível do incêndio. A Figura 4.12 apresenta uma demonstração de uso do extintor no combate à chama.

Figura 4.12 | Demonstração do uso do extintor ao combate de incêndios

Fonte: iStock.

Os extintores de incêndios são divididos em classes, dependendo do tipo de produto que utilizam para combater as chamas:

Classe A: são incêndios com materiais sólidos, como por exemplo, algodão, tecido, papel, madeira etc. Esse tipo de incêndio tem como resíduos carvão e cinzas e devem ser utilizados para seu combate extintores à base de água.

Classe B: esses são classificados por apresentarem incêndios em líquidos, gases inflamáveis ou sólidos que se liquefazem, como exemplo temos, a gasolina, o álcool, parafina, gás de cozinha etc. Para esse tipo de incêndio não é permitido o uso de extintores à base de água, mas sim com pó químico e gás carbônico.

Classe C: incêndios em equipamentos elétricos energizados, como transformadores, geradores, motores elétricos etc. O ideal para o combate desse tipo de incêndio é pó químico ou gases.

Classe D: são incêndios em metais pirofóricos, como magnésico, sódio, lítio etc. O combate para esse tipo de incêndio deve ser pó químico especial.

Classe K: são incêndios em óleos ou gorduras, geralmente ocorrem em fritadeiras ou frigideiras de cozinhas. Para o combate é recomendado a utilização de extintores à base de acetato de potássio diluído em água.

Assimile

É muito importante conhecer e identificar bem o incêndio que se vai combater antes de escolher o extintor, um erro na escolha pode tornar inútil o esforço de combater a chama, podendo até piorar a situação, aumentando ou espalhando ainda mais as chamas, ou ainda criando novas causas de fogo como, por exemplo, curtos-circuitos. Por isso é necessário conhecer bem sua instalação e conhecer os possíveis pontos de perigo.

As principais causas de incêndios provenientes da eletricidade são:

- Excesso de carga: utilização de "Te's" e réguas elétricas para aumentar a carga em circuitos terminais, causando um aumento de corrente e consequentemente um superaquecimento dos condutores que não estavam dimensionados para aquela quantidade de carga adicionada posteriormente.
- Curto-circuito: instalações antigas ou defeitos causados por um contato mecânico podem causar o contato entre a fase e o terra, gerando uma corrente com valores elevados, também superaquecendo os cabos em componentes ao seu redor.
- Contato imperfeito: conexões com mau contato podem gerar pontos de aquecimento por serem uma alta resistência.
- Disjuntores: são equipamentos de proteção em instalações elétricas, mas seu mau dimensionamento pode gerar ocorrências de incêndio.
- Superaquecimento: equipamentos elétricos trabalhando fora do seu regime de trabalho podem apresentar superaquecimento, provocando incêndios.

A Figura 4.13 apresenta uma tomada superaquecida ao ponto de se iniciar um chama no material.

Figura 4.13 | Fogo iniciado em uma tomada

Fonte: iStock.

O sistema de combate e prevenção a incêndios tem como principais objetivos os seguintes itens:

- A garantia da segurança à vida das pessoas que se encontram no interior dos edifícios, quando na ocorrência de um incêndio.
- Prevenção de propagação do incêndio para demais área do edifício.
- Proteção da estrutura e do conteúdo das edificações.
- Minimizar os danos materiais.

Todos esses objetivos são alcançados através de medidas a serem tomadas, antes e durante um incêndio. Entre elas podemos destacar: dimensionamento de rotas de escape, treinamentos, gerenciamento e manutenção preventiva, entre outras ações.

As três formas de propagação de um incêndio são: por condução, ou seja, um material de temperatura elevada em contato com outro material transmite essa temperatura; por convecção, nesse princípio o calor é transmitido por um gás ou líquido para outro material e, por fim, temos por radiação, onde o material emite radiação de alta energia para outro material. Em um incêndio temos as três formas atuando simultaneamente, embora em algum momento uma delas seja predominante.

Saiba mais

A prevenção de incêndios em edificações é a ciência que acompanha as formas de construção da sociedade, porém quase sempre está um passo atrás. São as informações, obtidas nas investigações de incêndios, utilizadas para melhor conhecer fontes e evitar situações perigosas. Assim, o Corpo de Bombeiros tem um manual de introdução à investigação de

incêndios. Leia entre as páginas 21 e 30 para mais informações. **Introdução à investigação a incêndios**. 1. ed. Santa Catarina.

Gerenciamento de riscos

Os riscos de incêndios são classificados dependendo do tipo de edificação, com seus objetos que nela existem. De forma geral, as edificações são classificadas de acordo com o risco de incêndio, como exemplo, equipamentos de escritório, equipamentos eletrônicos, gases e combustíveis. Uma refinaria de combustível por apresentar em sua edificação componentes de alto valor incendiário apresenta um risco de incêndio maior que um indústria de tratamento de água e esgoto.

Os riscos de incêndio são classificados de várias formas diferentes, de acordo com a carga de incêndio específica de cada edifício. Essa classificação varia de acordo com a norma técnica de cada estado brasileiro.

Exemplificando

O estado de São Paulo classifica em mais de cinquenta tipos de edificações quanto à ocupação ou uso, no combate a incêndio. Como exemplo podemos citar: Residencial, Serviço de hospedagem, Comercial, Educacional, Local de reunião pública, entre outros.

Manutenção das instalações elétricas

Problemas relacionados à instalação elétrica são comuns em residências, edifícios e indústrias. A durabilidade de uma instalação elétrica é estimada em aproximadamente 30 anos, e com o aumento da demanda de energia elétrica, principalmente do verão, devido ao maior uso dos refrigeradores e sistema de ar condicionado, a ocorrência de falta de energia e problemas elétricos se intensificou nos últimos anos. A melhor maneira de se evitar problemas elétricos é através da manutenção preventiva, que tem como objetivo prevenir paradas e falhas de componentes, através de manutenções antes que a falha ocorra, podendo prever quando será feita a parada de energia para substituição dos componentes em questão.

Os ricos causados pela falta de manutenção vão desde quedas de energia e incêndios a choques elétricos, que podem inclusive causar a morte.

A NBR 5410 (ABNT, 1992) prevê que o intervalo de manutenção deve ser adequado para cada tipo de instalação, por exemplo, em instalações com alta complexidade esse tempo deve ser menor que em instalações com poucas influências externas.

A NBR 5410 (ABNT, 1992) prevê ainda que sempre que possível a manutenção deve ser feita quando a instalação estiver desenergizada, para evitar qualquer tipo de acidente.

No caso de componentes com partes móveis, como disjuntores, contatores e chaves seccionadoras, a NBR 5410 (ABNT, 1992) prevê a verificação dos contatos e seu acionamento para verificar suas condições de trabalho. Também deve-se procurar por sinais de aquecimento e de ressecamento, além de fixação, identificação e limpeza.

Toda falha ou anormalidade constatada no funcionamento da instalação ou em qualquer de seus componentes, sobretudo os casos de atuação dos dispositivos de proteção sem causa conhecida, deve ser comunicada a uma pessoa advertida ou qualificada, providenciando-se a correção do problema.

Reflita

Sempre que possível a manutenção da instalação elétrica deve ser realizada com seus componentes desenergizados, mas em muitas situações essa condição não pode ser atingida sendo necessário a manutenção com os equipamentos elétrico energizados. Será que existem equipamentos especializados na manutenção energizada?

Incêndios industriais

No âmbito da indústria, principalmente em área sujeitas a atmosferas explosivas, podem ocorrer eventuais centelhamentos na instalação elétrica, que pode levar a explosões com graves prejuízos à vida humana e à instalação. Dessa forma, há necessidade de um contínuo cuidado com a segurança, promovendo uma supervisão das instalações elétricas, verificando não só os equipamentos como a capacitação dos profissionais autorizados. A Tabela 4.7 apresenta as principais causas, consequências e prevenções para incidentes em uma instalação elétrica industrial.

Tabela 4.7 | Principais causas, consequências e prevenções em uma instalação elétrica industrial

Causas	Consequências	Prevenções
Dimensionamento incorreto da rede elétrica;	Incêndios, sobrecarga do circuito, desempenho abaixo do necessário, choques elétricos, baixa vida útil da instalação, consumo de energia elevado;	Contratar profissionais qualificados, utilizar materiais de boa qualidade, realizar a troca de materiais danificados;

Causas	Consequências	Prevenções
Troca de disjuntores ou fiação, em desconformidade com o projeto elétrico;	Menor eficiência da rede, incêndios, sobrecarga da rede, acidentes elétricos, choques;	Para evitar que os condutores aqueçam muito, deve se inserir nos quadros de luz os disjuntores ou fusíveis, sendo eles obrigatórios para desligar a instalação sempre que a temperatura aumentar, a ponto de derreter e expor o cobre, deve-se realizar manutenção preventiva, e as emendas dos fios devem estar fora dos eletrodutos e bem isoladas;
Fios expostos e desencapados – Curtos-circuitos;	Incêndios, sobrecarga do circuito, consumo de energia elevada, acidentes elétricos, choques, interrupção do fornecimento de energia do circuito, menor eficiência do sistema.	Não fazer uso de extensões improvisadas, benjamins e o uso excessivo de "Ts", fazer a manutenção da fiação interna e externa quando necessário, manter os fios bem isolados e sempre recapados, realizar a troca de materiais danificados;
Sobrecarga de rede, ligando muitos aparelhos elétricos de uma só vez, utilizando "T's";		
Realização de emendas, junções de fios, entre outros;		
Rede elétrica muito antiga;		Contratar profissionais qualificados a fim de realizar as melhorias e trocas necessárias na rede elétrica, utilizar materiais de boa qualidade, realizar manutenção preventiva;
Reformas e construções causadas por andaimes, ligações improvisadas ou malfeitas, defeitos de aparelhos, materiais que conduzem eletricidade encostarem-se à rede elétrica.		Contratar profissionais qualificados, usar EPIs adequados, desligar temporariamente a rede elétrica, isolar ou proteger cabos e fios.

Fonte: Junkes (2017, p. 6).

Sem medo de errar

Vamos relembrar a situação apresentada, você trabalha em uma empresa que desenvolve projetos elétricos e laudos técnicos, essa foi contrata para desenvolver um laudo, que será utilizado em um processo jurídico sobre uma instalação elétrica que gerou um incêndio, você foi alocado pelo seu coordenador para a elaboração desse laudo e contato direto com o cliente para esclarecer qualquer dúvida que ele possa ter. O cliente sugeriu que na próxima reunião você apresente como a norma brasileira sobre instalações elétricas descreve os procedimentos de manutenção em uma instalação elétrica e quais as principais causas de problema elétrico em uma residência familiar.

Na construção de uma residência deve-se prestar atenção no projeto e nos materiais utilizados para um futuro durável, confiável e seguro. As

instalações elétricas são um aparte fundamental para que uma moradia se torne habitável, provendo uma fonte de energia segura para diversos tipos de equipamentos elétricos.

Uma instalação elétrica tem uma estimativa de aproximadamente 30 anos de vida útil, mas com o aumento constante da carga esse tempo pode diminuir, principalmente com a instalação de equipamentos com alta potência elétrica que não estavam previstos inicialmente no projeto.

A NBR 5410 (ABNT 1992) prevê que o intervalo de manutenção deve ser adequado para cada tipo de instalação, por exemplo, em instalações com alta complexidade esse tempo deve ser menor que em instalações com poucas influências externas e que apresentem uma baixa complexidade elétrica.

No entanto, toda atividade humana acarreta algum tipo de risco, e trabalhar com eletricidade não é uma exceção. Por isso é importante conhecer os fatores que podem aumentar ou diminuir os riscos elétricos em uma manutenção. A melhor maneira de se evitar problemas elétricos é através da manutenção preventiva, que tem como objetivo prevenir paradas e falhas de componentes, através de manutenções antes que a falha ocorra. A NBR prevê que toda manutenção seja feita se possível com o sistema desenergizado para evitar qualquer tipo de falha, como curto-circuito e choques elétricos.

Os problemas mais comuns em instalações elétricas são:

- Excesso de carga: utilização de "T's" e réguas elétricas para aumentar a carga em circuitos terminais, causando um aumento de corrente e consequentemente um superaquecimento dos condutores que não estavam dimensionados para aquela quantidade de carga adicionada posteriormente.
- Curto-circuito: instalações antigas ou defeitos causados por um contato mecânico podem causar o contato entre a fase e o terra, gerando uma corrente com valores elevados, também superaquecendo os cabos em componentes ao seu redor.
- Contato imperfeito: conexões com mau contato podem gerar pontos de aquecimento por serem uma alta resistência.
- Disjuntores: são equipamentos de proteção em instalações elétricas, mas seu mau dimensionamento pode gerar ocorrências de incêndio.
- Superaquecimento: equipamentos elétricos trabalhando fora do seu regime de trabalho podem apresentar superaquecimento, provocando incêndios.

Com essa apresentação o cliente está um pouco mais ciente e familiarizado com a NBR 5410 e possíveis problemas em uma instalação elétrica,

você foi capaz de sanar as dúvidas e contribuir para que o ciente fique mais satisfeito com o laudo técnico.

Avançando na prática

Laudo técnico

Descrição da situação-problema

Você abriu um escritório de projetos elétricos residenciais e industriais, e atualmente uma pequena indústria cerâmica te contratou para inspecionar a instalação elétrica para obter um laudo sobre possíveis problemas e soluções. Com base na primeira visita você conseguiu elaborar a Tabela 4.8, onde estão apresentados os principais problemas encontrados na instalação elétrica. Com base nesses resultados, quais seriam os procedimentos para resolver essas situações encontradas?

Tabela 4.8 | Problemas encontrados na instalação industrial

Local	Problema
QDFL 1	Disjuntor com sinais de aquecimento.
QDFL 2	Falta proteção dos barramentos energizados.
Sala de Envase	Sinais de cabos antigos e alguns pontos sem isolação.

Fonte: elaborada pelo autor.

Resolução da situação-problema

No QDFL 1 o disjuntor está apresentando sinais de aquecimento, provavelmente por mau contato ou sobrecorrente, a solução seria refazer os contatos do disjuntor para diminuir a resistência dos contatos com os cabos elétricos e fazer a instalação de um amperímetro para medir a corrente que está circulando pelo disjuntor para inspecionar e comparar a corrente nominal com a corrente de projeto.

O QDFL 2 está sem proteção nos barramentos, para solucionar esse problema a empresa deve instalar uma placa de acrílico para impedir o toque do eletricista ao barramento.

Por fim, na Sala de Envase os cabos estão apresentando pontos sem isolação, nesse caso deve-se substitui-los por cabos novos a fim de evitar o contato direto com partes metálicas, provocando um curto-circuito.

A Tabela 4.9 foi elaborada para sintetizar as soluções apresentadas para os problemas encontrados na indústria cerâmica.

Tabela 4.9 | Problemas e soluções possíveis

Local	Problema	Solução
QDFL 1	Disjuntor com sinais de aquecimento.	Refazer os contatos e verificar a corrente do circuito.
QDFL 2	Falta proteção dos barramentos energizados.	Instalar placa de acrílico.
Sala de Envase	Sinais de cabos antigos e alguns pontos sem isolação.	Substituir os cabos.

Fonte: elaborada pelo autor.

Faça valer a pena

1. Os incêndios podem ser classificados em cinco formas diferentes: Classe A, Classe B, Classe C, Classe D e Classe K. Essa classificação é denominada com base no material em chamas, assim para ser classificado como Classe C, qual deve ser o comburente do incêndio?

Assinale a alternativa correta.
a) Óleos e gorduras.
b) Sódio e fósforo.
c) Papel e borracha.
d) Equipamentos elétricos.
e) Gases e líquidos inflamáveis.

2. Muitos fatores e problemas podem acabar gerando pontos de risco em uma instalação elétrica, entre eles podemos destacar os disjuntores termomagnéticos, a sobrecarga de equipamentos elétricos e o aumento de carga no sistema sem prévia análise.

Com base nas informações anteriores, assinale a alternativa correta.
a) O mau funcionamento dos disjuntores apenas pode ser detectado pela atuação em um curto-circuito.
b) Equipamentos elétricos não podem ser utilizados em condições nominais.
c) Contato imperfeito: conexões com mau contato podem gerar pontos de aquecimento por serem uma alta resistência.
d) A manutenção em uma instalação elétrica deve ser realizada apenas desenergizada.
e) Disjuntores são dispositivos de segurança que atuam contra a corrente de fuga.

3. A manutenção preventiva e corretiva em instalações elétricas de baixa tensão deve ser realizada de acordo com fatores provenientes da própria instalação, entre esses fatores podemos destacar quais características para cada tipo de manutenção?

Assinale a alternativa correta.

a) Equipamentos com defeitos e periodicidade.

b) Apenas equipamentos defeituosos.

c) É impossível fazer a manutenção preventiva em uma instalação elétrica.

d) Manutenção corretiva deve ser programada para evitar paradas desnecessárias.

e) Sinais incipientes de mau funcionamento e componente com defeito.

Referências

APRENDA quais as classes de incêndios e extintores disponíveis. Disponível em: https://www.contraincendio.com.br/aprenda-quais-as-classes-de-incen-dio-e-os-tipos-de-extintores-disponiveis/. Acesso em: 17 dez. 2018.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 5410: Instalações Elétricas em Baixa Tensão. Rio de Janeiro, 1992.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 13571: Haste de Aterramento Aço-Cobreada e Acessórios. Rio de Janeiro, 1996.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 5410: Instalações Elétricas em Baixa Tensão. Rio de Janeiro, 2004.

BRASIL. Ministério do Trabalho. **NR 10 – Segurança em Instalações e Serviços em Eletricidade**. Brasília, 2004. Disponível em: http://trabalho.gov.br/images/Documentos/SST/NR/NR10.pdf. Acesso em: 30 dez. 2018.

CHOQUE elétrico, um verdadeiro perigo. **Mundo Educação**. Disponível em: https://mundoeducacao.bol.uol.com.br/fisica/choque-eletrico-um-verdadeiro-perigo.htm. Acesso em: 19 dez. 2018.

CORPO DE BOMBEIROS DO ESTADO DE GOIÁIS. **Norma Técnica 01/2014 – Procedimentos Administrativos – Anexo A**. Disponível em: https://www.bombeiros.go.gov.br/wp-content/uploads/2014/03/nt-01_2014-procedimentos-administrativos-anexo-a.pdf. Acesso em: 17 dez. 2018.

GEDDES, L. A.; FISH, R. M. Conduction of electrical current to and through the human body: a review. **Eplasty**, vol. 9, 2009, p. 407. Disponível em: http://www.eplasty.com/archives/30-volume-09-eplasty-2009/1763-conduction-of-electrical-current-to-and-through-the-human-body--a-review. Acesso em: 22 jan. 2019.

JUNKES, V. Incêndios de origem elétrica: um estudo sobre suas causas, consequências e prevenções. **XI Encontro de Engenharia de Produção Agroindustrial**, ISS 21763097, 2017.

LIMA FILHO, D. **Projetos de instalações elétricas prediais**. 12. ed. São Paulo: Saraiva, 2011.

WEG. **Minidisjuntores MDW**. 20XX. Disponível em: https://goo.gl/FqruQK. Acesso em: 4 fev. 2019.

ISBN 978-85-522-1412-0

9 788552 214120 >