

Instalações elétricas

Instalações elétricas

Natalí Nunes dos Reis

© 2017 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

Mário Ghio Júnior

Conselho Acadêmico

Alberto S. Santana

Ana Lucia Jankovic Barduchi
Camila Cardoso Rotella
Cristiane Lisandra Danna
Danielly Nunes Andrade Noé
Emanuel Santana
Grasiele Aparecida Lourenço
Lidiane Cristina Vivaldini Olo
Paulo Heraldo Costa do Valle
Thatiane Cristina do Santos de Carvalho Ribeiro

Revisão Técnica

Hader Aguiar Dias Azzini Hugo Tanzarella Teixeira

Editorial

Adilson Braga Fontes André Augusto de Andrade Ramos Cristiane Lisandra Danna Diogo Ribeiro Garcia Emanuel Santana Erick Siva Griep Lidiane Cristina Vivaldini Olo

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

Reis, Natalí Nunes dos R375i Instalações elétricas / Natalí Nunes dos Reis. – Londrina : Editora e Distribuidora Educacional S.A., 2017.

200 p.

ISBN 978-85-522-0185-4

1. Eletricidade. I. Título.

CDD 621

Sumário

Unidade 1 Fundamentos de instalações elétricas	7
Seção 1.1 - Generalidades do sistema elétrico	9
Seção 1.2 - Conceitos de projetos elétricos	22
Seção 1.3 - Dimensionamento de condutores elétricos	36
Unidade 2 Luminotécnica, materiais e dispositivos	53
Seção 2.1 - Características gerais sobre eletrodutos e quadros de distribuição (QDs) —	_ 55
Seção 2.2 - Características gerais sobre dispositivos de proteção e interruptores	– 70
Seção 2.3 - Projeto Luminotécnico	_ 84
Unidade 3 Projeto elétrico residencial	_ 103
Seção 3.1 - Normas técnicas	105
Seção 3.2 - Elementos de um projeto residencial	_ 120
Seção 3.3 - Elaboração de projeto elétrico residencial	- 135
Unidade 4 Projeto elétrico industrial	151
Seção 4.1 - Normas técnicas e segurança	153
Seção 4.2 - Elementos de um projeto industrial	168
Seção 4.3 - Elaboração de um projeto industrial	184

Palavras do autor

A eletricidade se tornou a principal fonte energética de luz, calor e força atualmente, sendo utilizada em todas as edificações nas quais o ser humano habita e circula, como residências, lojas, escritórios, indústrias, entre outras. Para que se possa desfrutar de todos os benefícios fornecidos pela energia elétrica, é necessário que o sistema elétrico conduza eletricidade de forma segura e de qualidade, desde os geradores até o consumidor final. Esse sistema deve ser bem projetado, estar em constante monitoramento e aperfeiçoamento. De forma semelhante, os projetos elétricos dimensionados para residências e indústrias devem ser bem pensados e bem executados, para atender ao consumidor da melhor forma. Sendo assim, aprender a projetar e executar as instalações são um fator de suma importância.

Para isso, é muito importante que você se dedique a estudar o conteúdo dessa disciplina e aproveite os momentos com seu professor para compreender melhor os conceitos e se aprofundar na prática. Assim, espera-se que ao final dessa disciplina você obtenha conhecimento sobre os principais conceitos relacionados à elaboração de projetos elétricos, identificando os cálculos que devem ser realizados, os diagramas que devem ser desenvolvidos, os materiais e dispositivos que devem ser utilizados.

Dessa forma, espera-se que você, aluno, tenha domínio dos conteúdos relacionados à instalação elétrica, e possa aplicá-los, elaborando e executando projetos residenciais e industriais. Para alcançar esses objetivos, a disciplina foi estruturada em quatro unidades, a saber:

- Fundamentos de instalações elétricas;
- Luminotécnica, materiais e dispositivos;
- Projeto elétrico residencial;
- Projeto elétrico industrial.

Na primeira unidade, abordaremos os fundamentos de instalações elétricas, sendo discutidos os principais aspectos do sistema elétrico, os conceitos gerais de instalações elétricas e analisados os critérios básicos para o dimensionamento de condutores elétricos. Na

segunda unidade, o objetivo será compreender como é feito um projeto luminotécnico e identificar os principais materiais e dispositivos utilizados nas instalações elétricas. Na terceira unidade, será elaborado um projeto residencial, para que possam ser colocados em prática os conceitos aprendidos nas unidades anteriores. Finalmente, na quarta unidade, será elaborado um projeto industrial.

Caro aluno, esperamos que você esteja motivado a estudar e aprender os conceitos e aplicações da eficiência energética e da qualidade da energia!

Bons estudos e ótimo aprendizado!

Fundamentos de instalações elétricas

Convite ao estudo

Caro aluno, nesta unidade, o tema central em estudo são os fundamentos de instalações elétricas, sendo apresentados primeiramente os conceitos gerais e as características do sistema elétrico em que estamos inseridos. Posteriormente, serão estudadas as definições gerais para projetar instalações elétricas, abordando cálculos e diagramas usuais. Por fim, serão apresentados e identificados os principais critérios utilizados para o dimensionamento de condutores elétricos.

Na primeira seção, o estudo estará centrado no sistema elétrico brasileiro, levando-o a conhecer e compreender os elementos básicos que o constituem. Serão discutidas, também, as definições e características gerais sobre os sistemas de geração, transmissão e distribuição de energia.

Na segunda seção, serão abordados os conceitos fundamentais para iniciar um projeto elétrico, dessa forma, o estudo estará voltado aos cálculos elétricos, aos diagramas unifilares e trifilares, aos desenhos de iluminação e força. Na última seção, por fim, serão estudados os três critérios básicos descritos na NBR 5410/2004 para o dimensionamento de condutores elétricos, sendo eles: método da capacidade de condução de corrente, critério da seção mínima e método da queda de tensão (analisaremos o método simplificado – Watts. metro).

Portanto, o objetivo desta unidade é que você, aluno, possa adquirir conhecimentos fundamentais para iniciar o planejamento e a elaboração de projetos elétricos.

Agora considere o seguinte contexto: você é o responsável

por projetos elétricos de baixa, média e alta tensão, e antes de iniciar suas atividades neste papel, verificou-se que é necessário primeiramente elaborar um documento que o embase em relação aos principais conceitos de instalações elétricas. Dentre os aspectos que devem constar neste documento, é necessário abordar as definições sobre o sistema elétrico brasileiro, identificar os principais cálculos para projetos elétricos, descrever as características gerais dos diagramas unifilares e trifilares, e definir os materiais e dispositivos que devem ser utilizados.

Assim, o que você como projetista deverá considerar para iniciar a elaboração de um projeto elétrico? É necessário entender as características do sistema elétrico para averiguar os aspectos em análise para instalações elétricas? Quais são os principais cálculos que devem ser feitos? Quais os materiais e dispositivos utilizados nesses projetos?

Nesse sentido, com o andamento das seções, o nível do aprendizado será aprofundado, abordando novas etapas para a concretização do projeto elétrico. Bons estudos e ótimo trabalho nessa unidade!

Seção 1.1

Generalidades do sistema elétrico

Diálogo aberto

Olá, aluno! Projetar instalações elétricas, tanto de baixa quanto de alta tensão, vai muito além de cálculos e diagramas básicos, é necessário primeiramente entender o sistema como um todo, para que o consumidor final obtenha uma energia de qualidade e segura.

Dessa forma, é necessário entender em que parte do sistema elétrico se situa a instalação a ser projetada. Para isso, é preciso verificar quais são os componentes que formam o sistema elétrico brasileiro e quais são suas características e funções.

Diante disso, você, atuando como responsável por projetos elétricos de baixa, média e alta tensão, deverá ter domínio sobre as definições de geração, transmissão e distribuição para poder averiguar quais desses aspectos devem ser abordados na hora de desenvolver e executar seu projeto. Para facilitar seu trabalho, você deverá listar as principais características do sistema elétrico, que auxiliarão nas etapas posteriores do projeto, respondendo às perguntas a seguir.

- Quais são as características da geração de energia no Brasil?
- A matriz energética é constituída essencialmente por qual fonte de energia?
 - As linhas de transmissão são extensas ou curtas?
- O sistema de transmissão é caracterizado por quais níveis de tensão?
 - O sistema de distribuição conduz a energia a quais clientes?

Para auxiliar na elaboração dessa lista sobre os sistemas de distribuição, transmissão e geração de energia, esta seção dará suporte aos temas em discussão, abordando as generalidades do sistema elétrico. Espero que você esteja animado. Bons estudos e um ótimo trabalho.

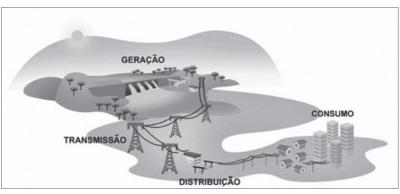
Não pode faltar

O objetivo principal desta disciplina de instalações elétricas é analisar e compreender as etapas para a elaboração de projetos elétricos de baixa, média e alta tensão; porém, antes de entrar no tema em questão é necessário que o projetista se situe e saiba como o sistema elétrico é formado e quais as funções de cada um dos componentes. Sendo assim, serão estudados os elementos desde o ponto de geração da energia elétrica até o ponto de entrega da energia ao consumidor final.

Conforme ilustra a Figura 1.1, os elementos que compõem o sistema elétrico são:

- Geração;
- Transmissão:
- Distribuição;
- Consumidor final.

Figura 1.1 | Componentes do sistema elétrico



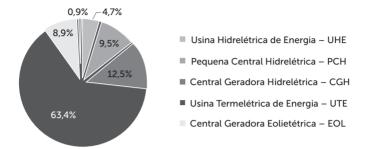
Fonte: http://www.abradee.com.br/images/artigos/geracao.jpg. Acesso em: 11 jun. 2017.

Geração

O segmento de geração de energia elétrica, no Brasil, é formado atualmente por 4.645 empreendimentos geradores (ANEEL, 2016). Cerca de 63% destes são usinas termelétricas, movidas a gás natural, biomassa, óleo diesel, óleo combustível e carvão mineral,

conforme Figura 1.2. Apesar disso, como podemos averiguar na Figura 1.3, a maior representatividade em capacidade instalada no país é de origem hídrica.

Figura 1.2 | Número de empreendimentos no Brasil de geração de energia elétrica



Fonte: adaptada de ANEEL (2016, p.4).

Os empreendimentos hidrelétricos ocupam em torno de 65% da potência instalada, contando com 219 empreendimentos de grande porte, 441 Pequenas Centrais Hidrelétricas (PCHs) e 581 Centrais Geradoras Hidrelétricas (CGH) de até 5.000 kW.

Figura 1.3 | Representatividade da potência instalada no Brasil por empreendimento



Fonte: adaptada de ANEEL (2016, p.4).



Por maior que seja a preocupação em se ter uma matriz energética limpa, verifica-se nesta seção que o país possui um número elevado de

usinas térmicas. Por que isso ocorre? Quais são os incentivos para que esses empreendimentos sejam instalados, por mais que sejam movidos a fontes não renováveis?

No Brasil, os maiores agentes do setor, em relação a capacidade instalada são (ANEEL. 2016):

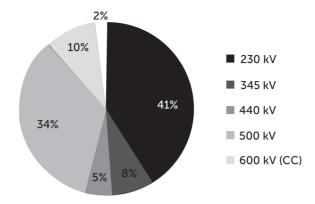
- Companhia Hidro Elétrica do São Francisco, que conta com 10.615.131 kW de potência instalada. Metade dessa potência é capaz de suprir a energia requerida pelo Estado do Rio de Janeiro:
- Furnas Centrais Elétricas, que conta com 9.416.240 kW de potência instalada. Esta energia é suficiente para o abastecimento de cerca de 8000 residências todos os dias;
- Centrais Elétricas do Norte do Brasil, que conta com 9.199.004 kW de potência instalada. Esta potência é suficiente para o abastecimento dos estados do Paraná, Santa Catarina e Rio Grande do Sul em conjunto;
- Tractebel Energia, que conta com 7.323.818 kW de potência instalada e Itaipu Binacional, que conta com 7.000.000 kW de potência instalada. Cerca de 10% da potência instalada de cada umas dessas usinas é capaz de atender a 1,5 milhão de habitantes.

Transmissão

O sistema de transmissão é responsável pelo transporte de grandes quantidades de energia elétrica provenientes de usinas geradoras. Para realizar esse transporte por longas distâncias é necessário elevar a tensão nas linhas, que normalmente está em 13,8 kV nas usinas.

Usualmente, os níveis de tensão nas linhas de transmissão são: 230 kV, 345 kV, 440 kV, 500 kV, 600 kV e 750 kV (BARROS et al., 2014). No Brasil, padronizou-se os seguintes níveis das tensões: para transmissão: 750, 500, 230, 138 e 69 kV; e para subtransmissão: 138, 69 e 34,5 kV. Os sistemas de subtransmissão são usados para transmitir potência a grandes consumidores e, no Brasil, de modo geral, são as linhas de 69 kV (PINTO, 2014). A Figura 1.4 mostra a porcentagem de linhas de transmissão instaladas por nível de tensão.

Figura 1.4 | Porcentagem de linhas de transmissão instaladas no Brasil por nível de tensão

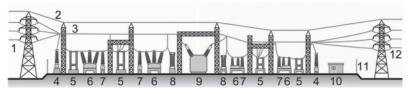


Fonte: MME (2016, p.22).

Além das linhas para auxiliar no transporte da energia é necessário possuir subestações de transmissão que se conectam com as empresas distribuidoras de energia elétrica e aos consumidores. O esquema que representa o sistema completo da subestação está ilustrado na Figura 1.5 e é formado por:

- 1. Rede primária;
- 2. Cabo de aterramento:
- 3. Linhas/Barramentos;
- 4. Para-raios:
- 5. Disjuntores;
- 6. Chaves seccionadoras;
- 7. Transformador de Corrente (TC);
- 8. Transformador de Potencial (TP);
- 9. Transformador de Potência;
- 10. Sala de controle;
- 11. Grade de segurança;
- 12. Rede secundária.

Figura 1.5 | Representação de uma subestação de transmissão



Fonte: http://www.abradee.com.br/setor-eletrico/redes-de-energia-eletrica Acesso em: 11 jun. 2017.

O Brasil possui 77 concessionárias de transmissão. Esse elevado número de concessionárias é justificado pela extensão da rede de transmissão, de cem mil quilômetros no país (ABRADEE, 2017). A grande extensão da rede de transmissão nacional é explicada pela configuração do segmento de geração, constituído, na maior parte, de usinas hidrelétricas instaladas em localidades distantes dos centros consumidores.

Distribuição

O sistema de distribuição de energia elétrica é responsável por conduzir a energia aos consumidores finais. Para isso é necessário reduzir o nível de tensão das linhas de transmissão a níveis de tensão primária e secundária.

Os níveis de tensão classificados como primários são os que variam de 13,8 kV a 34,5 kV (CREDER, 2016) e os secundários são os que variam de 110 a 440 V (ABRADEE, 2017).



Os níveis de tensão podem ser classificados como primários ou secundários, e também ser nomeados como de baixa e média tensão.

Baixa tensão corresponde ao nível de tensão secundária e média tensão ao nível de tensão primária.

No Brasil, 64 distribuidoras atuam em todo território, sendo 47 empresas privadas, 3 públicas municipais, 8 públicas estaduais e 6 públicas federais (ABRADEE, 2017b). Todas essas distribuidoras são reguladas pela ANEEL, que regula as tarifas, a qualidade do serviço prestado, entre outras variáveis.

As 10 maiores distribuidoras representam cerca de 58% da energia vendida no país (ANEEL, 2016). Pertencem a este grupo as seguintes concessionárias (ANEEL, 2016):

- Eletropaulo Metropolitana Eletricidade de São Paulo (AES Eletropaulo);
 - Companhia Energética de Minas Gerais (CEMIG);
 - Light Serviços de Eletricidade;
 - Companhia Paranaense de Energia (COPEL);
 - Companhia Paulista de Força e Luz (CPFL);
 - Companhia de Eletricidade do Estado da Bahia (COELBA);
 - Elektro Eletricidade e Serviços;
 - Companhia Energética de Goiás (CELG);
 - Ampla Energia e Serviços.

Além de ser responsável pelo atendimento ao cliente final, as distribuidoras devem elaborar programas especiais compulsórios com foco no consumidor. Dentre os programas desenvolvidos estão os de inclusão energética, promovendo o acesso à energia elétrica de forma legal às classes pobres da população brasileira (ANEEL, 2008).



São exemplos de programas de inclusão social:

- O programa Baixa Renda que conta com tarifas diferenciadas para consumidores que atendem às especificidades de consumo e renda;
- O programa Luz para Todos que tem por objetivo acabar com a exclusão elétrica no Brasil e promover o acesso à eletricidade, de forma gratuita;
- O programa de Eletrificação de Interesse Social que objetiva regularizar o fornecimento de eletricidade nas áreas conhecidas como favelas.

É também de responsabilidade das distribuidoras implementar projetos de eficiência energética e de P&D (pesquisa e desenvolvimento). Dessa forma, as concessionárias são obrigadas a destinar um percentual mínimo de sua receita operacional líquida a essas atividades (ANEEL, 2008).

Consumidor final

Os consumidores finais são classificados de acordo com a classe em que se inserem, podendo ser de baixa ou alta tensão. O grupo de baixa tensão atende as unidades consumidoras com fornecimento em tensão inferior a 2,3 kV, caracterizado pela tarifa monômia. Já o grupo de alta tensão atende as unidades consumidoras com fornecimento de tensão igual ou superior a 2,3 kV ou atendidas pelo sistema subterrâneo (ANEEL, 2010).

Dentro da classificação de baixa tensão, existem subdivisões, estando inseridos as seguintes classes de consumo (ANEEL, 2008):

- B1 residencial e residencial de baixa renda:
- B2 rural, cooperativa de eletrificação rural e serviço público de irrigação;
- B3 demais classes;
- B4 iluminação pública.

Já na classe de alta tensão, os setores são divididos nos seguintes subgrupos (ANEEL, 2008):

- A1 tensão de fornecimento igual ou superior a 230 kV;
- A2 tensão de fornecimento de 88 kV a 138 kV;
- A3 tensão de fornecimento de 69 kV;
- A3a tensão de fornecimento de 30 kV a 44 kV;
- A4 tensão de fornecimento de 2,3 kV a 25 kV;
- AS tensão de fornecimento inferior a 2,3 kV atendida a partir do sistema subterrâneo de distribuição e faturada no Grupo A excepcionalmente.

No Brasil, o setor que mais utiliza energia elétrica é o industrial, consumindo cerca de 36%. Em seguida vem o setor residencial, consumindo cerca de 28% e o comercial cerca de 20%. Pela Figura 1.6 é possível averiguar esses dados.

Consumo de energia elétrica 200.000 180.000 160.000 (Cousamo (G/NJ) 120.000 120.000 80.000 60.000 40.000 20.000 Residencial Industrial Comercial Poder Iluminação Serviço Consumo público pública público próprio

Figura 1.6 | Consumo de energia elétrica por classe (potência consumida)

Fonte: adaptada de EPE (2016, p.169).

Em relação ao número de unidades consumidoras por setor, a classe residencial compõe a maior parcela, representando cerca de 85%. Pela Figura 1.7 é possível verificar o número de consumidores por classe.

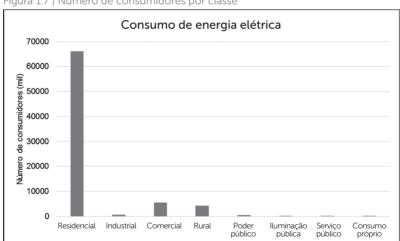


Figura 1.7 | Número de consumidores por classe

Fonte: adaptada de EPE (2016, p.169).

Pesquise mais

Para saber mais sobre o consumo de energia elétrica no Brasil, são sugeridas as seguintes leituras:

Anuário Estatístico de Energia Elétrica 2016, p. 167 – p. 214, disponível em: http://www.epe.gov.br/AnuarioEstatisticodeEnergiaEletrica/Anu%C3%A1rio%20Estat%C3%ADstico%20de%20Energia%20El%C3%A9trica%202016.pdf. Acesso em: 11 jun. 2017.

Energia no Brasil e no mundo, disponível em: < http://www2.aneel.gov.br/arquivos/pdf/atlas_par1_cap2.pdf> Acesso em: 11 jun. 2017.

Sem medo de errar

Retomando o contexto proposto no *Diálogo aberto* desta seção, serão apresentados os conceitos e características gerais do sistema elétrico que devem estar em sua lista para que você, como responsável por projetos elétricos de baixa, média e alta tensão, possa averiguar posteriormente quais aspectos devem ser levados em consideração na hora de planejar e executar as instalações elétricas.

Primeiramente, é necessário conhecer as peculiaridades da geração de energia elétrica no Brasil. No país, a maior parcela do fornecimento de energia elétrica é proveniente de empreendimentos hídricos, constituídos por grandes usinas hidrelétricas. Dessa forma, pode-se caracterizar a matriz energética nacional como renovável e limpa, em sua maior parte.

Dentre os maiores agentes responsáveis pela geração de energia estão: Companhia Hidro Elétrica do São Francisco (10.615.131 kW de potência instalada), Furnas Centrais Elétricas (416.240 kW de potência instalada), Centrais Elétricas do Norte do Brasil (9.199.004 kW de potência instalada), Tractebel Energia (7.323.818 kW de potência instalada) e Itaipu Binacional (7.000.000 kW de potência instalada).

Devido à instalação dessas usinas em pontos isolados, distantes dos grandes centros de consumo, as linhas de transmissão são extensas, o que torna o sistema de transporte de energia complexo. Para conseguir conduzir a energia por longas distâncias de forma correta, esses sistemas precisam elevar o nível tensão, e nacionalmente são padronizados os seguintes níveis para transmissão de energia: 750, 500, 230, 138 e 69 kV.

Além das linhas, o sistema de transmissão conta também com subestações, que se conectam às empresas de distribuição de energia e aos consumidores. Dentre os componentes da subestação estão: os cabos de aterramento, disjuntores, chaves seccionadoras, transformadores de corrente, transformadores de potência, entre outros elementos.

Após esse transporte por longas distâncias através de nível elevado de tensão, a energia elétrica passa a ser conduzida pelos sistemas de distribuição, e seu nível de tensão é reduzido. Através desse sistema os consumidores finais recebem o fornecimento de energia.

Dentre os consumidores existem grupos e subgrupos de tensão diferenciados, que são classificados conforme o nível de tensão, podendo ser de baixa e alta tensão.

Avançando na prática

Classificação do consumidor de energia elétrica

Descrição da situação-problema

Um cliente contratou seus serviços para projetar uma instalação elétrica. Antes de iniciar o projeto você o questionou em relação à faixa de tensão a qual o seu imóvel é pertencente, porém ele não sabia como informá-lo. Como projetista você sabe que essa informação é essencial, pois a partir dela serão analisadas as normas que devem ser seguidas e o nível de tensão que deve ser levado em conta no projeto. Dessa forma, a fim de averiguar a classe do consumidor, algumas características foram identificadas, a saber:

- A tarifa paga pelo consumidor é monetizada apenas pela energia consumida;
- O consumidor é atendido com tensão inferior a 2,3 kV;
- O fornecimento de energia elétrica é aéreo;
- O cliente não reside em áreas rurais.

De posse dessas informações, é possível identificar a faixa de tensão a que o cliente pertence? Qual é a classe em que ele se insere?

Resolução da situação-problema

Primeiramente é necessário verificar que os grupos são classificados conforme o nível de tensão de atendimento. Sendo assim, o grupo que atende às unidades consumidoras com fornecimento em tensão inferior a 2,3 kV, caracterizado pela tarifa monômia, é o grupo de baixa tensão. E o fornecimento de tensão igual ou superior a 2,3 kV ou do sistema subterrâneo é feito pelo grupo de alta.

A partir dessas informações, podemos concluir que o cliente pertence ao grupo de baixa tensão, já que sua tarifa é monômia, ele é atendido com tensão inferior a 2,3 kV e o sistema de atendimento é aéreo.

Além dessa classificação dos grupos de tensão, podemos verificar a qual subgrupo o cliente pertence, de acordo com o Atlas de Energia Elétrica do Brasil (ANEEL, 2008) os subgrupos são divididos em:

- B1 residencial e residencial de baixa renda:
- B2 rural, cooperativa de eletrificação rural e serviço público de irrigação;
- B3 demais classes:
- B4 iluminação pública.

Como este cliente não reside em áreas rurais, ele pode pertencer ao grupo B1 ou ao grupo B3.

Após identificar essas informações sobre o cliente, podemos iniciar a análise dos próximos requisitos para a elaboração do projeto elétrico.

Faça valer a pena

1. O sistema elétrico é formado basicamente pelos sistemas de geração, transmissão e distribuição, atuando desde o ponto de geração de energia elétrica até o ponto de entrega ao consumidor final.

A respeito do sistema elétrico brasileiro, avalie as afirmações a seguir:

I. As usinas hidrelétricas são os empreendimentos responsáveis pela maior parcela de geração de energia no Brasil.

- II. No Brasil, os níveis das tensões para transmissão de energia são: 750, 500, 230, 138 e 69 kV.
- III. Em relação à geração de energia no Brasil, a maior parcela dos empreendimentos instalados são usinas termelétricas, que também são as responsáveis pela maior parcela da potência instalada no país.

É correto o que se afirma em:

- a) I, apenas.
- b) III, apenas.
- c) I e III, apenas.
- d) I e II, apenas.
- e) I. II e III.
- **2.** Os consumidores finais são agrupados conforme a classe em que se inserem, podendo ser de baixa ou alta tensão. Dentro dessa classificação, podemos afirmar que:
- I. Existem dois grupos de consumidores, o grupo A e o grupo B;
- II. O grupo A é definido como a classe de alta tensão;
- III. O grupo B é definido como a classe de baixa tensão;
- IV. Os subgrupos que compõe o grupo B são: B1, B2, B3 e B4;
- V. Os subgrupos que compõe o grupo A são: A1, A2, A3 e A4.

As afirmativas corretas são:

- a) Apenas as afirmativas I, II, III e IV.
- b) Apenas as afirmativas I, II, III e V.
- c) As afirmativas I, II, III, IV e V.
- d) Apenas as afirmativas I, III, IV e V.
- e) Apenas as afirmativas I. II. IV e V.
- **3.** O sistema de transmissão é responsável pelo transporte de grandes quantidades de energia elétrica provenientes de usinas geradoras. Para que o sistema possa efetuar seu trabalho e transportar a energia por longas distâncias é necessário elevar a tensão nas linhas, que normalmente está em 13.8 kV nas usinas.

Sobre os sistemas de transmissão, assinale a alternativa correta.

- a) Os níveis de tensão nas linhas de transmissão usualmente são: 13,8 kV, 200 kV. 330 kV. 500 kV. 600 kV e 750 kV.
- b) No Brasil, padronizaram-se os seguintes níveis de tensão: 230 kV, 345 kV, 440 kV, 500 kV, 600 kV e 750 kV.
- c) Os sistemas que atuam na subtransmissão utilizam os seguintes níveis de tensão: 750, 500, 230 e 138 kV.
- d) Os sistemas de subtransmissão são usados para transmitir potência a grandes consumidores e, no Brasil, de modo geral, são as linhas de 138 kV.
- e) Os níveis de tensão padronizados no Brasil para os sistemas de transmissão são: 750, 500, 230, 138 e 69 kV.

Seção 1.2

Conceitos de projetos elétricos

Diálogo aberto

Caro aluno, nesta seção o estudo estará centrado nos principais cálculos a serem realizados nas instalações elétricas, e na apresentação dos símbolos e diagramas utilizados na elaboração do projeto elétrico. Conhecer e compreender esses aspectos é fundamental, pois a partir deles será possível desenvolver e executar um projeto elétrico.

Como você já está atuando como projetista e possui conhecimentos a respeito das características do sistema elétrico, assunto discutido na seção anterior, podemos dar continuidade às informações essenciais sobre as instalações elétricas. Dessa forma, vamos imaginar a seguinte situação: um cliente o contratou para um projeto residencial e, como entrega inicial, solicitou a apresentação da previsão de cargas. Esse cliente deseja verificar o número de tomadas de uso geral (TUGs) e de uso específico (TUEs), e a carga de iluminação, devendo ser previsto um número mínimo de tomadas, seguindo a norma NBR 5410.

Para que você possa prever as cargas desta instalação foram repassados os dados essenciais, a planta baixa da residência, ilustrada na Figura 1.8 e os equipamentos elétricos que o cliente deseja utilizar, sendo: uma torneira elétrica (5000 W), um chuveiro (5500 W) e uma máquina de lavar (1000 W).



Figura 1.8 | Planta baixa de uma residência

Fonte: adaptada de Azzini (2014, p. 5).

Para auxiliar na elaboração desta previsão de carga, esta seção dará suporte aos temas em discussão, abordando os principais cálculos utilizados em projetos elétricos de baixa tensão. Espero que você esteja animado. Bons estudos e um ótimo trabalho.

Não pode faltar

Após compreender como o sistema elétrico é dividido, suas peculiaridades e como o consumidor final é classificado, podemos continuar a análise dos conceitos relacionados às instalações elétricas. Sendo assim, nesta seção serão apresentados os símbolos, diagramas e cálculos mais relevantes para os projetos elétricos de baixa tensão.

Cálculos elétricos

Tomando como base a Norma Brasileira 5410, elaborada pela Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT), conhecida como ABNT NBR 5410, podemos identificar os principais cálculos que devem ser efetuados para projetos elétricos. Serão destacados quatro aspectos principais nesta seção, sendo:

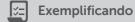
- Levantamento da demanda de iluminação;
- Levantamento das demandas de tomadas de uso geral (TUGs) e específico (TUEs);
- Divisão das cargas em circuitos conforme funcionalidade;
- Dimensionamento de condutores elétricos e proteções.

A seguir detalharemos cada aspecto citado.

Levantamento da demanda de iluminação

A NBR 5410 estabelece os critérios de levantamento de demanda de iluminação para baixa tensão. De acordo com essa norma para áreas de habitação alguns aspectos devem ser levados em conta, sendo:

- Instalação de pelo menos um ponto de luz fixo no teto em cada área (cômodo ou dependência);
- Previsão de carga mínima de 100 VA para os primeiros 6 m², acrescido de 60 VA para cada aumento de 4 m² inteiros, regra válida para áreas maiores que 6m².



Para entender melhor o cálculo que deve ser feito em relação à iluminação, imagine uma sala de estar que possua 12 m².

Para dimensionar a carga de iluminação deste local, deve-se prever 100 VA para os primeiros 6 m² e para os 6 m² restantes um acréscimo de 60 VA (lembrando que devemos aumentar 60 VA a cada 4 m² inteiros), totalizando 160 VA de potência neste cômodo.

É importante destacar que este critério estabelecido pela NBR 5410 se refere à iluminação incandescente, sendo que os valores correspondentes à potência são realizados para efeito de dimensionamento dos circuitos, e não necessariamente à potência nominal das lâmpadas a serem utilizadas (CREDER, 2016). Mais detalhes sobre os cálculos de iluminação serão apresentados na Unidade 2, em que serão analisadas as particularidades sobre este tema.

Levantamento das demandas de tomadas de uso geral (TUGs) e específico (TUEs)

A previsão de carga destinada a tomadas de uso geral (TUGs) e tomadas de uso específico (TUEs) deve ser determinada de acordo com a necessidade de cada projeto, porém alguns critérios mínimos devem ser definidos.



TUGs são aquelas destinadas à ligação de mais de um aparelho, podendo ser, por exemplo, um liquidificador, televisão, aparelho de som, em suma, aparelhos portáteis que possuam corrente menor que 10 A. Já as TUEs são aquelas destinas a um equipamento fixo, como por exemplo, chuveiros, máquina de lavar, ar condicionado, torneira elétrica, enfim, aparelhos que possuam corrente superior a 10 A.

Com base na NBR 5410, pode-se listar algumas características gerais que os projetos de baixa tensão devem possuir:

- Em banheiros, é preciso prever pelo menos um ponto de tomada de 600 VA de potência (valor de potência mínimo);
- Para cozinhas, copas, áreas de serviço, lavanderias e locais

similares, é necessário prever uma tomada a cada 3,5 m, ou fração, de perímetro. Em áreas com bancada contendo pia devem ser instaladas duas tomadas, podendo ser no mesmo ponto ou em pontos distintos, sendo 600 VA de potência (valor mínimo) para os primeiros três pontos de tomada e para os demais 100 VA. Essa regra é válida para até seis pontos de tomada;

- Para varandas é previsto pelo menos um ponto de tomada, de 100 VA de potência (valor mínimo);
- Para salas e dormitórios, é preciso prever pelo menos um ponto de tomada a cada 5 m ou fração, de 100 VA por ponto (valor mínimo).

Divisão de cargas

A divisão de cargas deve seguir algumas regras também, de acordo com a NBR 5410 de 2004:

- Deve-se estabelecer um circuito independente para equipamentos que possuam corrente nominal superior a 10 A;
- Deve-se estabelecer circuitos exclusivos para a área de serviço, cozinha, copa, lavandeira e locais similares;
- Os circuitos comuns podem alimentar cargas que não extrapolem a corrente nominal de 16 A. Deve-se salientar que, para circuitos de iluminação e tomadas, não é recomendado o uso de apenas um circuito, mesmo que este esteja abaixo da corrente nominal de 16 A.



A NBR 5410 nos dita a seguinte regra:

"Não alimentar circuitos de iluminação e tomada, em sua totalidade, por apenas um circuito".

Já parou para refletir o porquê disso? E se a corrente nominal do circuito de iluminação ou tomadas não excedesse 16 A, seria necessário ainda dividir os circuitos? Qual a importância dessa divisão de cargas?

Dimensionamento de condutores elétricos e proteções

Para dimensionar os condutores elétricos, alguns aspectos descritos na NBR 5410 devem ser levados em consideração, sendo destacados três métodos para estes cálculos, a saber:

- Capacidade de condução de corrente (ampacidade): este método consiste em calcular a corrente máxima que percorre o condutor e, de acordo com o método de instalação, identificar a seção nominal que atende os critérios estabelecidos;
- Queda de tensão: este método estabelece que para instalações alimentadas através de subestações próprias são admitidos no máximo 7% de queda de tensão da tensão nominal, tomando como referência a tensão dos terminais do secundário do transformador (NBR 5410, 2004).
- Seção mínima: este método prevê que os circuitos de tomadas de força devem possuir seção mínima de 2,5 mm² e circuitos de iluminação devem possuir a seção mínima de 1,5 mm² (NBR 5410, 2004).

Na próxima seção serão analisados detalhadamente estes cálculos para o dimensionamento do condutor.



Para obter mais informações sobre os critérios de queda de tensão e seção mínima, faça seu *login* na nossa biblioteca virtual, disponível em: https://bibliotecavirtual.com/detalhes/parceiros/10> e busque pela NBR 5410 (p.113 a p.116).

Simbologia e diagramas utilizados nos sistemas elétricos

Os símbolos e diagramas são ferramentas elaboradas a fim de facilitar a execução dos projetos elétricos, tornando simples a identificação de diversos pontos de utilização nas instalações.

A Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) criou em 1989 uma norma referente aos símbolos que devem ser utilizados nos projetos elétricos, a NBR 5444. Alguns dos símbolos referenciados por essa norma podem ser verificados nas Tabelas 1.1, 1.2, 1.3 e 1.4.

Tabela 1.1 | Símbolos elétricos para luminárias, refletores, lâmpadas

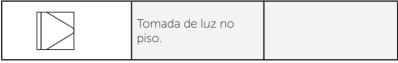
Símbolo	Significado	Observações
-4- 2x100W	Ponto de luz incandescente no teto. Indicar o número de lâmpadas e a potência em watts.	A letra minúscula indica o ponto de comando, e o número entre dois traços, o circuito correspondente.
a 2x60W	Ponto de luz incandescente na parede (arandela).	Deve-se indicar a altura da arandela.
-4- 2x100W	Ponto de luz incandescente na parede (embutido).	
Ponto de luz fluorescente no te (indicar o número de lâmpadas e, na legenda, o tipo de partida e o reator).		A letra minúscula indica o ponto de comando, e o número entre dois traços, o circuito correspondente.
-4- a 4x20W	Ponto de luz florescente na parede.	Deve-se indicar a altura da luminária.

Fonte: Filho (2011, p. 264).

Os símbolos descritos na Tabela 1.1 se referem à iluminação. Já na Tabela 1.2 os desenhos apresentados são referentes aos pontos de tomadas.

Tabela 1.2 | Símbolos elétricos para pontos de tomada

Símbolo	Significado	Observações
300 V A	Tomada de luz na parede, baixa (300 mm do piso acabado).	A potência deve ser indicada ao lado em VA (exceto se for de 100 VA) como
300 V A -3-	Tomada de luz a meia altura (1.300 mm do piso acabado).	também o número do circuito corresponde à altura da tomada, se for diferente da normatizada; se a tomada for de força, indicar o número de HP, CV ou BTU.
300 V A -5-	Tomada de luz alta (2.000 mm do piso acabado)	



Fonte: Filho (2011, p. 265).

Nas Tabelas 1.3 e 1.4 são apresentados os símbolos referentes aos quadros de distribuição e interruptores, respectivamente.

Tabela 1.3 | Símbolos elétricos para quadro de distribuição

Símbolo	Significado	Observações
	Quadro terminal de luz e força aparente.	
z i z	Quadro terminal de luz e força embutido.	
	Quadro geral de luz e força aparente.	Indicar as cargas de luz em watts e de força em HP ou CV.
$\mathbb{Z}^{\mathbb{Z}}$	Quadro geral de luz e força embutido.	
	Caixa de telefones.	

Fonte: Filho (2011, p. 262).

Tabela 1.4 | Símbolos elétricos para interruptores

Símbolo	Significado	Observações
a	Interruptor de uma seção.	A letra minúscula indica o ponto comandado.
a () b	Interruptor de duas seções.	As letras minúsculas indicam os pontos comandados.
a \bigotimes b	Interruptor de três seções.	As letras minúsculas indicam os pontos comandados.

a	Interruptor paralelo ou three- way.	As letras minúsculas indicam os pontos comandados.
a	Interruptor intermediário ou four-way.	As letras minúsculas indicam os pontos comandados.

Fonte: Filho (2011, p. 263).



A NBR 5444/1989 foi cancelada em 2014; porém, como nenhuma outra norma brasileira foi elaborada para substituí-la, a norma ainda é muito utilizada, o que justifica sua apresentação nesta seção.

A simbologia completa definida pela NBR 5444/1989 pode ser vista em:

NBR 5444. Disponível em: https://www.abntcatalogo.com.br/ norma.aspx?ID=4116>. Acesso em: 11 jun. 2017.

Essa norma também pode ser vista no Anexo A do livro *Projetos de Instalações Elétricas Prediais* (FILHO, 2011, p. 261). Disponível na nossa biblioteca virtual https://biblioteca-virtual.com/detalhes/parceiros/5. Acesso em 13 jun. 2017.

Outras normas internacionais também são usualmente utilizadas em projetos elétricos e é importante conhecê-las, como a IEC 60417 – *Graphical symbols for use on equipment* e a IEC 60617 – *Graphical symbols for diagrams*.

Para a representação do sistema elétrico, identificando o número de condutores e seus trajetos, utilizam-se os diagramas **unifilares** e **trifilares**. Normalmente os diagramas unifilares são desenhados sobre a planta baixa do projeto, como pode ser notado na Figura 1.9, em que os condutores são apresentados sobre um único traço.

4400 W Sala 1500 W 6 3 a 4.0 4 1,5 60 VA 600 VA Banho 2 x 100 VA 3 b x 100 VA 1,5 4,0 P/ medidor Quarto 2 x 100 VA Área 100 VA Obs.: tomadas não cotadas são de 100 VA Condutores não cotados são de 2,5 mm² 100 VA 1,5

Figura 1.9 | Diagrama unifilar representado em uma planta baixa

Fonte: Creder (2016, p. 56)

Tabela 1.5 | Símbolos elétricos para condutores

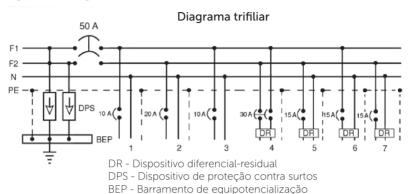
4) número de tomadas no ponto

Símbolo	Significado
	Condutor de fase no interior do eletroduto.
	Condutor neutro no interior do eletroduto.
	Condutor de retorno no interior do eletroduto.
	Condutor terra no interior do eletroduto.

Fonte: Filho (2011, p. 261).

Já os diagramas trifilares representam cada uma das fases do sistema elétrico e suas derivações. Uma representação do diagrama trifilar pode ser observada na Figura 1.10.

Figura 1.10 | Diagrama trifilar



Fonte: Creder (2016, p. 56)



Os diagramas unifilares e trifilares representam o mesmo sistema elétrico. Já parou para pensar por que é necessário os dois e não somente um deles?

Sem medo de errar

Retomando a situação-problema proposta no *Diálogo aberto* desta seção, vamos conferir as etapas que devem ser realizadas para a previsão de carga. Primeiramente é necessário calcular a área e o perímetro de cada cômodo. Sendo assim, temos:

- Sala (3 x 3,1): área de 9,3 m² e perímetro de 12,2 m;
- Copa (3 x 3): área de 9 m² e perímetro de 12 m;
- Cozinha (3 x 3,5): área de 10,5 m² e perímetro de 13 m;
- Quarto 1 (3,3 x 3,05): área de 10,065 m² e perímetro de 12,7 m;
- Quarto 2 (3,3 x 3,1): área de 10,23 m² e perímetro de 12,8 m;
- Banheiro (2,2 x 1,5): área de 3,3 m^2 (conforme NBR 5410, para áreas com menos de 6 m^2 não é necessário calcular o perímetro);

• Área de serviço (3, x 1,85): área de 6,105 $\mathrm{m^2}$ e perímetro de 10.3 m

Após calcular estes dados, é possível prever as TUGs, TUEs e a iluminação. Para isso, devemos seguir algumas regras:

- Para iluminação, é necessário estabelecer pelo menos um ponto de luz fixo no teto em cada cômodo ou dependência e, para áreas maiores que 6 m², deve-se prever uma potência mínima de 100 VA para os primeiros 6 m², acrescido de 60 VA para cada aumento de 4 m² inteiros (regra válida para locais de habitação);
- As tomadas são definidas por uso geral (TUGs) e específico (TUE), e cada área tem uma potência mínima definida. Nos banheiros é necessário prever pelo menos um ponto de tomada (potência mínima de 600 VA). Para cozinhas, copas, áreas de serviço e locais similares, é prevista uma tomada a cada 3,5 m, ou fração, de perímetro. E para salas e dormitórios é necessária a previsão de pelo menos um ponto de tomada a cada 5 m, ou fração, de 100 VA por ponto (valor mínimo).

Para facilitar a previsão das TUGs e TUEs, a Tabela 1.6 pode ser elaborada

Tabela 1.6 | Previsão de TUGs e TUEs

Dependência	Dimensões	Quantidade mínima	
Dependencia	Perímetro	TUG's	TUE's
Sala	12,2	3 x 100 VA	
Сора	12	3 x 600 VA 1 x 100 VA	
Cozinha	13	3 x 600 VA 1 x 100 VA	1 x 500 W (torneira)
Quarto 1	12,7	3 x 100 VA	
Quarto 2	12,8	3 x 100 VA	
Banheiro	*	1 x 600 VA	1 x 5500 W (chuveiro)
Área de serviço	10,3	3 x 600 VA	1 x 1000 w (máquina de lavar)

^{*} Critério mínimo aplicado. Fonte: elaborada pelo autor.

Por fim, para a previsão de carga de iluminação, a Tabela 1.7 foi elaborada.

Tabela 1.7 | Previsão de carga de iluminação

Dependência	Dimensões Área (m²)	Potência de iluminação (VA)
Sala	9,3	100 VA
Copa	9	100 VA
Cozinha	10,5	160 VA
Quarto 1	10,065	160 VA
Quarto 2	10,23	160 VA
Banheiro	3,3	100 VA
Área de serviço	6,105	100 VA

Fonte: elaborada pelo autor.

Avançando na prática

Aplicando os conceitos

Descrição da situação-problema

Para avançarmos na aprendizagem, vamos imaginar que você precisa realizar o dimensionamento da potência de iluminação e TUGs de uma residência, que possui os seguintes cômodos:

1. Quarto: 12 m² (3 x 4 m);

2. Sala de estar: 12 m² (3 x 4 m);

3. Cozinha: 16 m² (4 x 4 m);

4. Banheiro: 6 m² (2 x 3 m).

Nesse cenário, determine a potência instalada de iluminação e TUGs, considerando o menor valor possível de modo que a NBR 5410 seja respeitada.

Resolução da situação-problema

Para dimensionar o sistema de iluminação, deve-se levar em consideração algumas regras, vistas anteriormente. Portanto:

- Quarto e Sala de Estar: 12 m², para os primeiros 6 m², temse 100 VA e, para os 6 m² restantes, 60 VA (acréscimo de 60 VA a cada 4 m² inteiros), totalizando 160 VA de potência;
- Cozinha: 16 m², para os primeiros 6 m² tem-se 100 VA e, para os 10 m² restantes, 2x60 VA (acréscimo de 60 VA a cada 4 m² inteiros), totalizando 220 VA de potência;
- Banheiro: 6 m², tem-se 100 VA.

Para o dimensionamento de TUGs e TUEs, de acordo com a NBR 5410, deve-se inserir uma tomada a cada 3,5 m na cozinha, e uma a cada 5 m na sala de estar e nos quartos. Portanto:

- Quarto e Sala de Estar: (valor do perímetro: 14 m) três pontos de tomada de 100 VA são previstos, totalizando 300 VA;
- Cozinha: (valor do perímetro: 16 m): deve-se prever 5 pontos de tomada, sendo os três primeiros de 600 VA e os dois últimos pontos de 100 VA, totalizando 2000 VA;
- Banheiro: (valor do perímetro: 10 m) é necessário se prever um ponto de 600 VA.

Faça valer a pena

1. A ABNT NBR 5410 estabelece as regras gerais para o dimensionamento de iluminação, tomadas de uso geral e específico, e divisão de cargas nos circuitos.

A respeito da divisão de cargas, pode-se afirmar que:

- $\mbox{\it I.}$ Os equipamentos com corrente nominal superior a 10 A devem estar em um circuito independente.
- II. A NBR 5410 recomenda não alimentar circuitos de iluminação e tomada, em sua totalidade, por apenas um circuito comum.
- III. Circuitos associados não devem ultrapassar corrente nominal de 10 A. Assinale a alternativa correta:
- a) Somente as afirmativas I e II.
- b) As afirmativas I, II e III.
- c) Somente as afirmativas I e III.
- d) Somente a afirmativa I.
- e) Somente as afirmativas II e III.

2. A NBR 5410 estabelece os critérios de levantamento de demanda de iluminação para baixa tensão. Para locais de habitação algumas regras gerais devem ser levadas em consideração.

A respeito do dimensionamento de iluminação é correto afirmar que:

- a) Deve ser previsto pelo menos 3 pontos de luz fixos no teto em cada cômodo ou dependência.
- b) Deve ser prevista para áreas maiores que 6 m^2 , carga mínima de 100 VA para os primeiros 6 m^2 , acrescidas de 60 VA para cada aumento de 4 m^2 inteiros.
- c) Os valores de potência são calculados para efeito de dimensionamento dos circuitos e caracterizam, necessariamente, a potência nominal das lâmpadas a serem utilizadas no projeto.
- d) Para dimensionar uma sala de estar com área menor que 6 m², determinou-se 3 pontos de luz fixo no teto de 100 VA cada (valor mínimo estabelecido pela norma).
- e) Para dimensionar um quarto com área de 10 m², determinou-se apenas um ponto de tomada, com carga de 100 VA.
- **3.** Suponha que você está projetando uma residência e faltam apenas dois cômodos, o banheiro e a sala de estar. A sala necessita de uma TUE para o ar condicionado (1500 W). O banheiro, por sua vez, precisa de apenas uma TUE para 1 chuveiro elétrico (4500 W) e uma tomada junto a bancada. As dimensões do banheiro são de 3,3 m² (2,2 m x 1,5 m) e da sala de estar de 15 m² (3 m x 5 m).

Determine o menor valor de potência instalada, de TUGs e TUEs para a sala de estar e para o banheiro, de modo que a NBR 5410 seja respeitada.

- a) Na sala: 5 tomadas com potência instalada total de 1800 VA; e no banheiro: 2 tomadas com potência instalada total de 5100 VA.
- b) Na sala: 4 tomadas com potência instalada total de 2000 VA; e no banheiro: 2 tomadas com potência instalada total de 510 VA.
- c) Na sala: 3 tomadas com potência instalada total de 2000 VA; e no banheiro: 2 tomadas com potência instalada total de 5100 VA.
- d) Na sala: 5 tomadas com potência instalada total de 1900 VA; e no banheiro: 2 tomadas com potência instalada total de 5100 VA.
- e) Na sala: 4 tomadas com potência instalada total de 1900 VA; e no banheiro: 2 tomadas com potência instalada total de 6000 VA.

Seção 1.3

Dimensionamento de condutores elétricos

Diálogo aberto

Caro aluno, após termos identificado e aprendido alguns dos cálculos realizados nas instalações elétricas na Seção 1.2, podemos dar sequência à disciplina, analisando agora o dimensionamento de condutores elétricos.

É de suma importância conhecer as características gerais desses condutores, e compreender como é realizado o seu dimensionamento nas instalações elétricas. Dessa forma, nesta seção serão identificados e analisados 3 critérios para esse dimensionamento, a saber: o método simplificado de queda de tensão, Watts.metro; o critério da seção mínima; e, por fim, o método da capacidade de condução de corrente.

Relembrando, você é projetista responsável pelos projetos elétricos de baixa, média e alta tensão. Após listar as principais características do sistema elétrico em uma etapa pré-projeto e tendo dimensionado as TUGs, TUEs e o sistema de iluminação de um projeto residencial, nesse momento será necessário dimensionar os condutores fase que serão utilizados na cozinha.

Para isso, é necessário conhecer as cargas contidas neste local, sendo: 1 TUE de 5000 W (torneira elétrica), 3 TUGs de 600 VA, 1 TUG de 100 VA, e 160 VA de iluminação. Esses equipamentos são ligados em 127 volts (V).

Os circuitos terminais que compreendem este local são:

- Circuito 1: referente à TUE para torneira elétrica, estando a 6 metros do QD:
- Circuito 2: refere-se às cargas de TUGs. As 3 TUG's de 600 VA estão posicionadas a 2, 3 e 5 metros do QD, e a TUG de 100 VA está a 8 metros do QD.
- Circuito 3: refere-se à carga de iluminação, estando a 8 metros do QD.

Para auxiliar na elaboração do dimensionamento de condutores, sugere-se utilizar o método de queda de tensão simplificado, o Watts.metro, pois essas cargas são pequenas. Esta seção dará o suporte em relação à determinação desses dispositivos. Espero que você esteja animado. Bons estudos e um ótimo trabalho.

Não pode faltar

Os condutores elétricos têm por função o transporte de energia elétrica. Para que essa função imposta a esses dispositivos seja realizada de forma precisa é necessário o dimensionamento correto e, para isso, devemos analisar diversas condições a serem atendidas, a saber (CRUZ et al., 2012): os condutores devem operar abaixo do limite de temperatura e queda de tensão e devem suportar correntes acima da capacidade de atuação dos dispositivos de proteção contra sobrecarga e corrente de curto-circuito por um intervalo de tempo satisfatório.

A fim de atender a essas condições, é necessário analisar três critérios básicos descritos na NBR 5410, sendo eles: capacidade de condução de corrente (ampacidade), queda de tensão e seção mínima (aspectos discutidos resumidamente na Seção 1.2).



O dimensionamento correto dos condutores elétricos é realizado quando aplicamos os três critérios básicos descritos na NBR 5410.

É possível obter um valor diferente para as seções mínimas de condutores para cada critério aplicado, porém é importante salientar que a **maior** seção entre as resultantes deve ser adotada.

Seção mínima dos condutores

O critério da seção mínima determina a bitola do condutor fase a partir da utilização do circuito. A Tabela 1.8 fornece todas as informações necessárias.

Tabela 1.8 | Seção mínima dos condutores

Tipo de i	nstalação	Utilização do circuito	Seção mínima do condutor (mm²) - material		
	Condutores e	Circuito de iluminação	1,5 – Cu 16 - Al		
Instalações fixas	Cabos isolados	Circuito de força (TUE e TUG)	2,5 – Cu 16 - Al		
em geral		Circuito de sinalização e circuito de controle	0,5 - Cu		
	Candutaras Nus	Circuito de força (TUE)	10 – Cu 16 - Al		
	Condutores Nus	Circuito de sinalização e circuito de controle	4 - Cu		

	Para um equipamento específico	Como especificado na norma do equipamento
Ligações flexíveis feitas com cabos isolados	Para qualquer outra aplicação	0,75 – Cu
	Circuito extrabaixa tensão	0,75 - Cu

Fonte: NBR 5410 (2004, p. 113).

Método da capacidade de condução de corrente

O método da capacidade de condução de corrente consiste no cálculo da corrente máxima que percorre o condutor e de acordo com o método de instalação, identificada a seção nominal que atende aos critérios estabelecidos. Pode-se dividir a aplicação desse critério em 07 etapas.

A etapa 01 tem por objetivo escolher o tipo de isolação utilizado nos condutores e, consequentemente, determinar a temperatura máxima a que eles poderão estar submetidos em regime contínuo, em sobrecarga e/ou em condições de curto-circuito (CRUZ et al., 2012).

Dentre os tipos de isolação disponíveis estão o policloreto de vinila (PVC), o etileno-propileno (EPR) e o polietileno reticulado (XLPE), sendo utilizado comumente em instalações residências o do tipo PVC. As temperaturas máximas suportadas estão descritas na Tabela 1.9.

Tabela 1.9 | Temperatura característica dos condutores.

Tipo de isolação	Temperatura máxima para serviço contínuo (condutor) ºC	Temperatura limite de sobrecarga (condutor) ºC	Temperatura limite de curto-circuito (condutor) ºC
Policloreto de vinila (PVC) até 300 m²	70	100	160
Policloreto de vinila (PVC) maior que 300 m²	70	100	140
Borracha etileno- propileno (EPR)	90	130	250
Polietileno reticulado (XLPE)	90	130	250

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

A etapa 02 consiste na classificação do método de instalação dos condutores. Esse aspecto deve ser levado em conta, pois exerce grande influência na capacidade de troca de calor entre os condutores e o ambiente externo.

A Tabela 1.10 apresenta alguns dos métodos de instalações descritos na NBR 5410. O mais comum, utilizado em instalações elétricas residenciais, é o método de instalação número 7, cuja referência é B1.

Tabela 1.10 | Tipos de linhas elétricas

Método de instalação	Esquema ilustrativo	Descrição	Método de referência
1	Face interna	Condutores isolados ou cabos unipolares em parede termicamente isolante.	A1
2	Face	Cabo multipolar em eletroduto de seção circular embutido em parece termicamente isolante.	A2
3		Condutores isolados ou cabos unipolares em eletroduto aparente de seção circular sobre parede ou espaçado desta menos de 0,3 vez o diâmetro do eletroduto.	B1
4		Cabo multipolar em eletroduto aparente de seção circular sobre parede ou espaçado desta menos de 0.3 vez o diâmetro do eletroduto	В2
7		Condutores isolados ou cabos unipolares em eletroduto de seção circular embutido em alvenaria.	B1

11		Cabos unipolares ou cabo multipolar sobre parede ou espaçado desta menos de 0,3 vez o diâmetro do cabo.	С
13		Cabos unipolares ou cabo multipolar em bandeja perfurada, horizontal ou vertical.	E (multipolar) F (unipolares)
18	4	Condutores nus ou isolados sobre isoladores.	G
61		Cabos multipolar em eletroduto (de seção circular ou não) ou em canaleta não-ventilada enterrado(a).	D

Fonte: NBR 5410 (2004, p. 90-95).

A etapa 03 desse critério tem por finalidade o cálculo da corrente nominal ou corrente de projeto (IB), deteminada a partir das especificações nominais e do tipo de circuito (monofásico, bifásico ou trifásico).

Os parâmetros utilizados nos cálculos são:

P = potência ativa [W]

S = potência aparente [VA]

v = tensão entre fase e neutro

V = tensão entre fases

 $\eta = \text{rendimento}$

 $\cos \phi$ = fator de potência

Para circuitos monofásicos pode-se utilizar as seguintes equações:

Carga resistiva: $I_B = \frac{P}{V}$

Carga indutiva:
$$I_{B} = \frac{P}{v \times \cos \varphi \times \eta}$$

Qualquer carga:
$$I_B = \frac{S}{V}$$

Para circuitos bifásicos utiliza-se:

Carga resistiva:
$$I_B = \frac{P}{V}$$

Carga indutiva:
$$I_B = \frac{P}{V \times \cos \varphi \times \eta}$$

Qualquer carga:
$$I_B = \frac{S}{V}$$

E, por fim, para circuitos trifásicos utiliza-se:

Carga indutiva:
$$I_B = \frac{P}{\sqrt{3} \times V \times \cos \varphi \times \eta}$$

Qualquer carga:
$$I_B = \frac{S}{\sqrt{3} \times V}$$

Na etapa 04 são determinados os números de condutores carregados, conforme a descrição da Tabela 1.11.

Tabela 1.11 | Número de condutores carregados a ser considerado por tipo de circuito

Circuito	Número de Condutores Carregados
Monofásico	2
Monofásico a três condutores	2
Bifásico sem neutro	2
Bifásico com neutro	3
Trifásico sem neutro	3
Trifásico com netro	3 ou 4

Fonte: NBR (5410, p. 112).

A etapa 05 consiste na determinação da bitola do condutor para uma temperatura ambiente de 30°C (condutores não enterrados no solo) ou para uma temperatura do solo de 20°C (condutores enterrados no solo), analisando os parâmetros pré-estabelecidos, que são: tipo de isolação, método de instalação do condutor, corrente nominal ou de projeto e número de condutores carregados.

Assim, a partir da Tabela 1.12, é possível determinar a bitola dos condutores utilizados na instalação elétrica. Cabe salientar que a Tabela 1.12 é apenas uma das tabelas disponíveis na NBR 5410, conforme as características identificadas do condutor. Deve-se escolher a tabela correta para o dimensionamento.

Tabela 1.12 | Capacidade de condução de corrente (A), para os métodos de referência A1, A2, B1, B2, C e D para condutores: cobre e alumínio; isolação: PVC; temperatura no condutor: 70° C e temperatura de referência no ambiente: 30° C (ar) e 20° C (solo).

					Méto	dos d	e refe	rência				
Seções nominais	А	1	А	2	В	1	В	2	(2		
(mm²)	Número de condutores carregados											
	2	3	2	3	2	3	2	3	2	3	2	3
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)	(11)	(12)	(13)
						Со	bre					
0,5	7	7	7	7	9	8	9	8	10	9	12	10
0,75	9	9	9	9	11	10	11	10	13	11	15	12
1	11	10	11	10	14	12	13	12	15	14	18	15
1,5	14,5	13,5	14	13	17,5	15,5	16,5	15	19,5	17,5	22	18
2,5	19,5	18	18,5	17,5	24	21	23	20	27	24	29	24
4	26	24	25	23	32	28	30	27	36	32	38	31
6	34	31	32	29	41	36	38	34	46	41	47	39
10	46	42	43	39	57	50	52	46	63	57	63	52
16	61	56	57	52	76	68	69	62	85	76	81	67
25	80	73	75	68	101	89	90	80	112	96	104	86
35	99	89	92	83	125	110	111	99	138	119	125	103
50	119	108	110	99	151	134	133	118	168	144	148	122
70	151	136	139	125	192	171	168	149	213	184	183	151
95	182	164	167	150	232	207	201	179	258	223	216	179
120	210	188	192	172	269	239	232	206	299	259	246	203
150	240	216	219	196	309	275	265	236	344	299	278	230
185	273	245	248	223	353	314	300	268	392	341	312	258
240	321	286	291	261	415	370	351	313	461	403	361	297
300	367	328	334	298	477	426	401	358	530	464	408	336
400	438	390	398	355	571	510	477	425	634	557	478	394
500	502	447	456	406	656	587	545	486	729	642	540	445

630	578	514	526	467	758	678	626	559	843	743	614	506
800	669	593	609	540	881	788	723	645	978	865	700	577
1000	767	679	698	618	1012	906	827	738	1125	996	792	652

Fonte: NBR (5410, p. 101).



Considere a seguinte situação: é necessário dimensionar os condutores para um circuito bifásico de um chuveiro elétrico (5000 W, 220 V). O tipo de isolação utilizado é PVC, método de instalação: B1.

Para determinar a seção mínima, de posse de todos esses dados, é necessário apenas calcular a corrente de projeto:

$$I_B = \frac{5000}{220} = 22,73 \text{ A}$$

A partir dessa corrente e dos dados expostos, pode-se verificar, na Tabela 1.12, que a seção mínima do condutor de cobre é de 2,5 mm².

Na etapa 6 são aplicados os fatores de correção, o fator de correção de temperatura (FCT) e o fator de correção de agrupamento (FCA), de acordo com a necessidade de cada caso específico.

O FCT é aplicado para temperaturas ambientes diferentes de de 30 °C (ar) e 20 °C (solo). A Tabela 1.13 fornece as informações necessárias para essa correção.

Tabela 1.13 | Fatores de correção para temperaturas ambientes diferentes de 30° C para linhas não-subterrâneas e de 20° para linhas subterrâneas

		Isola	ação	
Temperatura ºC	PVC	EPR ou XLPE	PVC	EPR ou XLPE
	Amb	oiente	D	o 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	0,96	0,84	0,89
40	0,87	0,91	0,77	0,85
45	0,79	0,87	0,71	0,80

50	0,71	0,82	0,63	0,76
55	0,61	0,76	0,55	0,71
60	0,50	0,71	0,45	0,65
65	-	0,65	-	0,60
70	-	0,58	-	0,53
75	-	0,50	-	0,46
80	-	0,41	-	0,38

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

O FCA é aplicado a circuitos instalados em conjunto com outros circuitos podendo estar no mesmo eletroduto, calha, bandeja, entre outros. A Tabela 1.14 fornece as informações necessárias para essa correção.

Tabela 1.14 | Fatores de correção aplicáveis a condutores agrupados em feixe (em linhas abertas ou fechadas) e a condutores agrupados num mesmo plano, em camada única

Ref.	Forma de Agrup. Condutores	1	2	3	4	5	6	7	8	9 a 11	12 a 15	16 a 19	≥ 20	Tabelas de Métodos de Referência
1	Em feixe: ao ar livre ou sobre superfície; embutidos; em condu- to 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	Métodos de A a F
2	Camada única sobre parede, piso, ou em bandeja não perfurada ou prateleira.	1,00	0,85	0,79	0,75	0,73	0,72	0,72	0,71		0,70		Método C	
3	Camada única no teto.	0,95	0,81	0,72	0,68	0,66	0,64	0,63	0,62		0,61			
4	Camada única em bandeja perfurada.	1,00	0,88	0,82	0,77	0,75	0,73	0,73	0,72	0,72		Métodos		
5	Camada única sobre leite, suporte etc.	1,00	0,87	0,82	0,80	0,80	0,79	0,79	0,78		0,7	78		EeF

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



Para analisar todas as tabelas utilizadas para aplicação do critério de capacidade de condução de corrente é necessário o acesso a NBR 5410/2004.

Disponível em: https://bibliotecavirtual.com/detalhes/parceiros/10. Acesso em: 11 jun. 2017.

Por fim, a etapa 07 consiste no cálculo da corrente corrigida. Para obter essa corrente devemos utilizar a seguinte equação:

$$I_C = \frac{I_B}{\mathsf{FCT} \times \mathsf{FCA}}$$

Após obter essa corrente corrigida, deve-se retornar a uma das tabelas especificadas na NBR 5410, referentes à capacidade de condução de corrente (exemplificada nesta seção na Tabela 1.12), e determinar a seção do condutor após a aplicação dos fatores de correção.

Método simplificado de queda de tensão - Watts.metro

O método de queda de tensão consiste na determinação da seção do condutor elétrico, analisando a queda de tensão provocada pela passagem de corrente elétrica, devendo estar dentro dos limites determinados pela NBR 5410/2004. Nesta seção, estudaremos apenas o método simplificado, denominado de Watts.metro, que pode ser aplicado para o dimensionamento de condutores em instalações residenciais, ou seja, pode ser utilizado para dimensionar condutores em circuitos com pequenas cargas.

O método tem por base o emprego das Tabelas 1.15 e 1.16 referentes às tensões de 110 V e 220 V, respectivamente, e utiliza a soma entre o produto da potência da carga P (Watts) e a distância X, em metros, da carga ao quadro que a alimenta (GOMES, 2011).

Tabela 1.15 | Soma dos produtos – Potências (watts) x Distâncias (m), 110 V, circuito a 2 condutores

6		% queda de tensão									
Condutor série métrica	1%	1% 2% 3%									
(mm²) S		$\sum (P_{\text{watt}})$	$_{\rm s}X_{ m metros})$								
1,5	5263	10526	15789	21052							
2,5	8773	17546 26319		35092							
4	14036	28072	42108	56144							
6	21054	42108	63108	84216							
10	35090	70100	105270	140360							
16	56144	112288	168432	224576							
25	87725	175450	263175	350900							

Fonte: Gomes (2011, p. 78).

É importante enfatizar que este método simplificado de queda de tensão considera apenas a resistência ôhmica dos condutores e parte do princípio de que a corrente elétrica se distribui de forma homogênea pelo condutor.

Tabela 1.16 | Soma dos produtos – Potências (watts) x Distâncias (m), 220 V, circuito a 2 condutores

	% queda de tensão							
Condutor série métrica	1%	2%	3%	4%				
(mm²) S	$\sum (P_{watts} m{ imes}_{metros})$							
1,5	21054	42108	63163	84216				
2,5	35090	70180	105270	140360				
4	56144	112288	168432	224576				
6	84216	168432	253648	336864				
10	140360	280720	421080	56144				
16	224576	449152	673728	898304				
25	350900	701800	1052700	1403600				

Fonte: Gomes (2011, p. 78).



O método Watts.metro é o mais simples para o dimensionamento de condutores. Sabendo disso, por que este método não é o mais utilizado em projetos elétricos com circuitos tanto de pequenas quanto de grandes cargas?

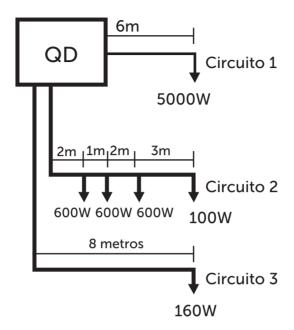
Sem medo de errar

Retomando a situação proposta no *Diálogo aberto* desta seção, serão apresentadas as etapas que devem ser realizadas para o dimensionamento dos condutores. Primeiramente, é necessário escolher o método a ser utilizado. Como essas cargas são pequenas, podemos utilizar o método de queda de tensão simplificado, o Watts. metro.

Este método tem por base o emprego de tabelas referentes às tensões de 110 V e 220 V, respectivamente; no nosso caso, utilizaremos apenas a referente à tensão de 110 V (faixa de tensão da residência).

Para fazer os cálculos de dimensionamento é necessário utilizar a soma entre o produto da potência da carga P (Watts) e a distância X, em metros, da carga ao quadro que a alimenta. Para facilitar a compreensão, o diagrama ilustrado na Figura 1.11 foi elaborado.

Figura 1.11 | Circuitos terminais da cozinha



Fonte: elaborada pelo autor.

Portanto,

para o circuito 1, temos:

$$\sum (P_{\text{watts}} X_{\text{metros}}) = 5.000 \times 6 = 30.000 \text{ Watts.metros}$$

Para o circuito 2. temos:

$$\sum \left(P_{\text{watts}}X_{\text{metros}}\right) = 600 \times 2 + 600 \times 3 + 600 \times 5 + 100 \times 8$$

$$\sum (P_{\text{watts}} X_{\text{metros}}) = 6.800 \text{ Watts.metro.}$$

E, por fim, para o circuito 3, temos:

$$\sum (P_{\text{watts}} X_{\text{metros}}) = 160 \times 8 = 1.280 \text{ Watts.metro}$$

Analisando a Tabela 1.17 a seguir, podemos identificar a bitola do condutor, levando em consideração uma queda de tensão de 2%.

Tabela 1.17 | Soma dos produtos – Potências (watts) x Distâncias (m), 110 V, circuito a 2 condutores

	% queda de tensão							
Condutor série métrica	1%	1% 2% 3%						
(mm²) S	$\sum (P_{watts} X_{metros})$							
1,5	5263	10526	15789	21052				
2,5	8773	17546	26319	35092				
4	14036	28072	42108	56144				
6	21054	42108	63108	84216				
10	35090	70100	105270	140360				
16	56144	112288	168432	224576				
25	87725	175450	263175	350900				

Fonte: Gomes (2011, p. 78).

Dessa forma:

Para o circuito 1 utilizará um condutor fase de 6mm²;

O circuito 2 utilizará um condutor fase de 1,5mm²;

O circuito 3 utilizará um condutor fase de 1.5mm².

Avançando na prática

Aplicando o critério de capacidade de condução de corrente

Descrição da situação-problema

Vamos considerar a seguinte situação: você é o projetista de uma instalação elétrica residencial e está dimensionamento os condutores elétricos da cozinha. Neste momento do projeto é necessário aplicar o método da capacidade de condução de corrente para determinar a bitola adequada.

Os circuitos em análise são 02:

Circuito 01: atende a carga referente à torneira elétrica que possui potência nominal de 5000 W (220 V, fp=0,85 e η = 1).

Circuito 02: atende a 02 cargas, a primeira carga possui potência nominal de 2000 W (220V, fp=1 e η = 1) e a segunda possui potência nominal de 1500 W (220 V, fp = 1 e η = 1).

Ambos os circuitos são do tipo bifásico (F-F), o tipo de isolação utilizado é PVC, método de instalação usa condutores isolados em eletroduto de seção circular embutido em alvenaria e não é necessário aplicar fatores de correção, pois a instalação está em condições normais de operação.

Resolução da situação-problema

Para determinar a seção mínima, é necessário identificar alguns dados, sendo:

Tipo de isolação: PVC;

Maneira de instalar: de acordo com os dados, refere-se ao método B1;

Corrente de projeto:

Circuito 1:
$$I_B = \frac{5000}{220 \times 0.85 \times 1} = 26,74 \text{ A}$$

Circuito 2:
$$I_B = \frac{2000 + 1500}{220 \times 1 \times 1} = 15,91 \text{ A}$$

A partir desta corrente e dos dados expostos, podemos verificar na Tabela 1.12 que a seção mínima do condutor de cobre para o circuito 1 é de 4 mm² e para o circuito 2 é de 1,5 mm².

Faça valer a pena

- **1.** Para que os condutores elétricos cumpram sua função de maneira correta, é necessário levar em conta algumas condições básicas.
- Podemos afirmar que as condições que devem ser atendidas por esses equipamentos são:
- I. Operar abaixo do limite de temperatura e da queda de tensão.
- II. Suportar correntes acima da capacidade de atuação dos dispositivos de proteção contra sobrecargas.
- III. Suportar corrente de curto-circuito por um intervalo de tempo satisfatório.

Analise as afirmativas I a III e as classifique em verdadeiras (V) ou falsas (F).

- a) V, V, V.
- b) V, F, V.
- c) F, V, V.
- d) V. F. F.
- e) V, V, F.
- **2.** Dentre os critérios utilizados para dimensionamento de condutores estão:
- I. Método da seção mínima;
- II. Método simplificado de queda de tensão;
- III. Método de capacidade de condução de corrente.

Levando em conta esses três critérios, relacione-os às suas características.

- () Consiste em calcular a corrente máxima que percorre o condutor e, de acordo com o método de instalação, identificar a seção nominal que atende aos critérios estabelecidos.
- () Pode ser utilizado para dimensionar condutores em circuitos com pequenas cargas. Este método considera apenas a resistência ôhmica dos condutores e parte do princípio que a corrente elétrica se distribui de forma homogênea pelo condutor.
- () Prevê que os circuitos de tomadas de força devem possuir seção mínima de 2,5mm² e circuitos de iluminação devem possuir a seção mínima de 1,5mm².

Assinale a alternativa que apresenta a ordem correta de preenchimento das colunas.

- a) I, III, II.
- b) III. I. II.
- c) |, ||, |||.
- d) II, I, III.
- e) III. II. I.
- **3.** O método de capacidade de condução de corrente utilizado para o dimensionamento de condutores elétricos leva em conta a classificação do método de instalação dos condutores. Este aspecto é analisado por exercer grande influência na capacidade de troca de calor entre os condutores e o ambiente externo.

Dentre os vários métodos descritos na NBR 5410/2004 (dados fornecidos pela tabela sobre tipos de linhas elétricas), o mais utilizado em instalações elétricas residenciais é:

- a) O método de instalação número 7, cuja referência é B1.
- b) O método de instalação número 1, cuja referência é A1.
- c) O método de instalação número 2, cuja referência é A2.
- d) O método de instalação número 4, cuja referência é B2.
- e) O método de instalação número 11, cuja referência é C.

Referências

ABRADEE - Associação Brasileira de Distribuidores de Energia Elétrica. Visão Geral do Setor. Brasília, 2017. Disponível em: http://www.abradee.com.br/setor-eletrico/ visao-geral-do-setor>. Acesso em: 11 jun. 2017. _____. Redes de energia elétrica. Brasília, 2017a. Disponível em: http://www. abradee.com.br/setor-eletrico/redes-de-energia-eletrica>. Acesso em: 11 jun. 2017. ____. **Distribuidoras e origem de capital**. Brasília, 2017b. Disponível em: >a href="http://">>a href= www.abradee.com.br/setor-de-distribuicao/distribuidoras-e-origem-de-capital>. Acesso em: 11 iun. 2017. ABNT - Associação Brasileira De Normas Técnicas. NBR 5410: instalações elétricas de baixa tensão. Rio de Janeiro: ABNT, 2004. ____. NBR 5444: Símbolos gráficos para instalações elétricas prediais. Rio de Janeiro: ABNT, 2004. ANEEL – Agência Nacional de Energia Elétrica. Atlas de energia elétrica do brasil; parte I – energia no brasil e no mundo (BOX 1). Brasília, 2008. _____. Resolução da Aneel no 414/2010. Disponível em: http://www2.aneel. gov.br/cedoc/bren2010414.pdf>. Acesso em: 11 jun. 2017. _____. Informações Gerenciais. Brasília, 2016. Disponível em: http://www. aneel.gov.br/documents/656877/14854008/Boletim+de+Informa%C3%A7%C3 %B5es+Gerenciais+4%C2%BA+trimestre+de+2016/2cc14375-3e1c-9dfe-f6a6-

AZZINI, H. A. D. **Projeto de instalações elétricas residenciais**. Campinas: Universidade Estadual de Campinas, 2014. Disponível em < http://www.dt.fee. unicamp.br/~akebo/et017/Instalacoes_Eletricas_1.pdf>. Acesso em: 11 jun. 2017.

BARROS, B. F.; BORELLI, R.; GEDRA, R. L. Geração, transmissão e consumo de energia elétrica. São Paulo: Érica, 2014.

CREDER, H. Instalações Elétricas. 16. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2016.

a5a1fd69f021?version=1.1>. Acesso em: 11 jun. 2017.

CRUZ, E. A.; ANICETO, L. A. Instalações elétricas – fundamentos, prática e projetos em instalações residenciais e comerciais. 2. ed. São Paulo: Érica, 2012.

EPE – Empresa de Pesquisa Energética. **Anuário Estatístico de Energia Elétrica 2016, ano base 2015**. Brasília, 2016.

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

GOMES, F. V. **Curso de instalações elétricas**. Aula 01. Juiz de Fora: Universidade Federal de Juiz de Fora, 2011. Disponível em http://www.ufjf.br/flavio_gomes/files/2011/03/Aula-01_ENE082.pdf>. Acesso em: 13 jun. 2017

Ministério de Minas e Energia (MME). **Boletim mensal de monitoramento do sistema elétrico brasileiro**. Brasília, 2016.

NERY, N. **Instalações elétricas – princípios e aplicações**. 2. ed. São Paulo: Érica, 2012.

NISKIER, J.; MACINTYRE, A. J. **Instalações elétricas**. 6. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2013.

PINTO, M. O. **Energia Elétrica: geração, transmissão e sistemas interligados**. Rio de Janeiro: LTC, 2014.

Luminotécnica, materiais e dispositivos

Convite ao estudo

Caro aluno, estudamos na Unidade 1 os conteúdos referentes às generalidades do sistema elétrico, os conceitos básicos de projetos elétricos e o dimensionamento de condutores elétricos, podemos, portanto, dar continuidade ao aprendizado sobre instalações elétricas. Nesta unidade, trazemos como tema central as características gerais sobre os materiais e dispositivos utilizados nas instalações elétricas, tanto de baixa quanto de alta tensão. Dentre os dispositivos identificados, estarão os condutores e eletrodutos, os disjuntores, os fusíveis, os relés, os interruptores e os quadros de distribuição. Também serão analisados os fundamentos necessários para projetar a iluminação, sendo apresentados os tipos de lâmpadas disponíveis no mercado, identificadas as principais grandezas relacionadas à iluminação e estudados os critérios gerais utilizados para projetos de iluminação.

Na primeira seção, o estudo estará centrado em dois dispositivos utilizados em instalações elétricas: os eletrodutos e os quadros de distribuição. Na segunda seção, serão abordadas as características gerais dos dispositivos de proteção e dos interruptores.

Na última seção, por fim, serão apresentados os conceitos fundamentais para o início de um projeto luminotécnico, identificando as grandezas luminotécnicas, como intensidade luminosa, luminância, fluxo luminoso e iluminância, e a análise dos principais métodos utilizados para projetos de iluminação, o método ponto a ponto e o método de luméns.

Portanto, o objetivo desta unidade é que você, aluno, possa adquirir conhecimentos fundamentais sobre luminotécnica e

os principais materiais e dispositivos utilizados em instalações elétricas.

Agora, considere o seguinte contexto: você é o responsável por projetos elétricos de baixa, média e alta tensão, e é fundamental que você obtenha conhecimentos sobre as características básicas dos materiais e dispositivos utilizados. É essencial que você seja capaz de dimensionar corretamente os eletrodutos, os equipamentos de proteção, e também saiba projetar de forma adequada a iluminação. Dentro desse cenário, você é o responsável por todo o projeto elétrico de uma residência e deverá fazer três grandes entregas parciais: realizar o dimensionamento dos eletrodutos, determinar os dispositivos de proteção que deverão ser utilizados e elaborar efetivamente um projeto utilizando um dos métodos estudados, podendo ser o método ponto a ponto ou o método de luméns.

Assim, o que você como projetista deverá considerar para dimensionar os eletrodutos? Quais características devem ser levadas em conta? Como serão determinados os dispositivos de proteção? Quais características devem ser consideradas para a elaboração de um projeto luminotécnico?

Nesse sentido, com o andamento das seções o nível do aprendizado será aprofundado, a partir da abordagem de novas etapas para a concretização dessas entregas. Bons estudos e ótimo trabalho nesta unidade!

Seção 2.1

Características gerais sobre eletrodutos e quadros de distribuição (QDs)

Diálogo aberto

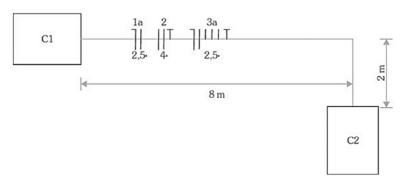
Olá, aluno! É essencial conhecer e compreender os conceitos relacionados aos materiais e dispositivos, tais como os condutores, os eletrodutos, os dispositivos de proteção, as lâmpadas e luminárias, os interruptores e os quadros de distribuição, pois eles serão utilizados constantemente em seus projetos elétricos. Por isso, nesta unidade abordaremos os conceitos gerais que o auxiliaram na hora de elaborar um projeto elétrico.

Dessa forma, nesta seção serão estudadas as características gerais relacionadas à luminotécnica e aos materiais e dispositivos utilizados em instalações elétricas.

Para que você possa assimilar melhor os conceitos repassados nesta seção, iremos considerar a seguinte situação: você é o responsável por um projeto elétrico residencial, acabou de finalizar a etapa de dimensionamento de condutores e precisa passar neste momento para próxima etapa, o dimensionamento de eletrodutos.

Inicialmente, você deverá dimensionar os eletrodutos para três circuitos, ilustrados na Figura 2.1, e deve considerar que serão utilizados eletrodutos de PVC da Tigre – rígido tipo rosqueável, Classe B.

Figura 2.1 | Trecho a ser dimensionado



Fonte: Cruz et al. (2012, p.380).

Sendo assim, quais informações você deverá obter para dimensionar esses eletrodutos? Quais características são mais importantes para a determinação do diâmetro nominal desses equipamentos?

Para que você possa realizar esse dimensionamento, nesta seção, estudará os conceitos relacionados aos eletrodutos utilizados em instalações elétricas.

Bons estudos e ótimo trabalho!

Não pode faltar

Nesta seção, serão apresentadas e analisadas algumas características gerais sobre dois dispositivos utilizados nas instalações elétricas, os eletrodutos e os quadros de distribuição. A seguir serão fornecidas informações detalhadas sobre esses equipamentos.

Eletrodutos

Os eletrodutos são os componentes da instalação elétrica que propiciam um meio envoltório, ou invólucro, aos condutores elétricos (FILHO, 2011). Dentre suas principais funções estão a proteção mecânica, a proteção contra ataques do meio ambiente e a proteção contra incêndios devido ao aquecimento dos condutores.

Para o dimensionamento dos eletrodutos é necessário limitar a quantidade de condutores (fios e cabos) que serão instalados, a fim de facilitar a passagem e a retirada de condutores em caso de manutenção ou modificação dos circuitos (FILHO, 2011). Assim, existe uma taxa máxima de ocupação de eletrodutos, relacionada ao espaço útil desse elemento, normatizada pela NBR 5410, descrita na Tabela 2.1.

Tabela 2.1 | Taxa máxima de ocupação em eletrodutos

Taxa Máxima de Ocupação (TO)	Quantidade de Condutores (Fios ou Cabos)
53%	1
31%	2
40%	≥3

Fonte: NBR 5410 (BRASIL, 2004, p. 120).

É importante levar em consideração a taxa máxima de ocupação do eletroduto, pois, devido a essa taxa, é possível garantir a temperatura adequada dentro do eletroduto e também auxiliar no processo de instalação e manutenção dos condutores, facilitando a passagem desses cabos.

Para o dimensionamento dos eletrodutos é necessária a análise dos condutores neles instalados, verificando se possuem seções nominais iguais ou não. No caso das seções nominais serem iguais, pode-se determinar o diâmetro nominal dos condutos, com base nas Tabelas 2.2 e 2.3 para eletrodutos do tipo aço-carbono e PVC, respectivamente.

Tabela 2.2 | Eletroduto de aço-carbono.

	ção		Quantidade de cabos Noflam BWF Flex 450/750								
con	nal do dutor m²)	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Cu	Total*			Diâmet	ro nomi	nal (DN)	dos ele	troduto	s (mm)		
1,5	6,6	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15
2,5	10,2	15	15	15	15	15	15	20	20	20	20
4	13,2	15	15	15	15	20	20	20	20	20	20
6	16,6	15	15	15	20	20	20	20	25	25	25
10	28,3	15	20	20	25	25	25	25	32	32	32
16	38,5	20	20	25	25	32	32	32	32	32	40
25	58,1	25	25	32	32	32	40	40	50	50	50
35	78,5	25	32	32	40	40	50	50	50	50	65
50	116,9	32	40	50	50	50	65	65	65	65	80
70	147,4	40	50	50	50	65	65	65	80	80	80
95	201,1	50	50	65	65	80	80	80	80	90	90
120	254,5	50	65	65	80	80	80	90	90	100	100
150	311,0	65	65	80	80	90	90	100	100	100	-
185	397,6	65	80	80	90	100	100	-	-	-	-

Fonte: Creder (2016, p. 104).

^{*} Área total do condutor considerando a isolação.

Tabela 2.3 | Eletroduto rígido de PVC, tipo rosqueável

	Ouantidada da ashas										
	Seção		Quantidade de cabos								
con	nal do dutor m²)	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Cu	Total*			Diâmet	ro nomi	nal (DN)	dos ele	troduto	s (mm)		
1,5	6,6	20	20	20	20	20	20	20	20	20	25
2,5	10,2	20	20	20	20	20	25	25	25	25	25
4	13,2	20	20	20	20	20	20	20	20	25	25
6	16,6	20	20	25	25	25	25	32	32	32	32
10	28,3	25	25	32	32	32	32	40	40	40	40
16	38,5	25	32	32	40	40	40	40	50	50	50
25	58,1	32	40	40	40	50	50	60	60	60	60
35	78,5	40	40	50	50	60	60	60	75	75	75
50	116,9	40	50	60	60	75	75	75	75	85	85
70	147,4	50	60	60	75	75	75	85	85	85	85
95	201,1	60	75	75	75	85	85	85	110	110	110
120	254,5	60	75	75	85	85	80	85	110	110	
150	311,0	75	75	85	85	110	110	110			
185	397,6	75	85	110	110	110					

Fonte: Creder (2016, p.104), baseado na NBR 15465/2008.

Para determinar o diâmetro nominal de eletrodutos que possuam condutores de seções nominais diferentes em seu interior é necessário calcular a área útil do eletroduto e, após esse passo, analisar as tabelas fornecidas pelos fabricantes.



Para o dimensionamento de eletrodutos que contenham condutores de seções nominais diferentes é necessário analisar as tabelas de dimensionamento fornecidas pelos fabricantes de eletrodutos. Nesta seção, disponibilizamos uma dessas tabelas, a Tabela 2.4 para

^{*} Área total do condutor considerando a isolação.

eletrodutos PVC da Tigre – rígido tipo rosqueável, Classe B. Entretanto, é necessário analisar as diversas tabelas conforme o material a ser utilizado e o fabricante

Para pesquisar mais sobre as tabelas disponibilizadas pelos fabricantes, acesse os seguintes conteúdos:

Eletrodutos_Galvanizados. Disponível em: http://www.raritubos.com.

br/arquivos/tabelas/eletrodutos-galvanizados-com-e-sem-costura.pdf>. Acesso em: 27 jun. 2017.

Eletroduto_Corrugado_TIGRE. Disponível em: http://www.tigre.com. br/eletroduto-corrugado-tigreflex>. Acesso em: 25 maio 2017.

Eletroduto_Rosqueável_TIGRE. Disponível em: http://www.tigre.com. br/eletroduto-roscavel> Acesso em 25/05/2017.

Para o cálculo do diâmetro interno dos eletrodutos (Di), deve-se analisar a equação a seguir:

$$D_i = \sqrt{\frac{4 \times \sum A_{cond}}{f \times \pi}}$$

Sendo que:

 $\sqrt{\sum A_{cond}}$: é soma das áreas externas dos condutores a serem instalados;

f: esse valor é determinado a partir da quantidade de cabos ou fios utilizados nos eletrodutos. Dessa forma, para o uso de um condutor, considera-se f=0,53; para o uso de dois condutores, considera-se f=0,31; e para o uso de três condutores ou mais, f=0,40.

Tabela 2.4 | Eletroduto de PVC da Tigre – rígido tipo rosqueável, Classe B

		Dimensões					
Referência de rosca	Diâmetro nominal	Diâmetro interno (mm)	Espessura da parede (mm)	Compri- mento (mm)	Área da seção transversal interna (mm²)		
$\frac{1}{2}$	20 16,4		2,2	3.000	211,2		

$\frac{3}{4}$	25	21,3	2,3	3.000	356,3
1	32	27,5	2,7	3.000	593,9
1 1/4	40	36,1	2,9	3.000	1.023,5
$1\frac{1}{2}$	50	41,4	3,0	3.000	1.346,1
2	60	52,8	3,1	3.000	2.189,6
2 1/2	75	67,1	3,8	3.000	3.536,2
3	85	79,6	4,0	3.000	4.976,4

Fonte: Creder (2016, p. 265).



Para exemplificarmos como é realizado o dimensionamento dos eletrodutos, vamos supor a seguinte situação: é necessário determinar o diâmetro mínimo do eletroduto PVC da Tigre – rígido tipo rosqueável, Classe B capaz de conter os condutores de três circuitos monofásicos de uma mesma instalação (condutores isolados com PVC 70° C), sendo que dois circuitos possuem condutores de 4 mm² (área total de 13,2 mm²) e um circuito possui condutores de 2,5 mm² (área total de 10,2 mm²). Para a proteção dos três circuitos utiliza-se um condutor de proteção de 4 mm².

Lembrando que para circuitos monofásicos o número de condutores carregados é dois.

Assim, a área total ocupada pelos condutores é de:

$$\sqrt{\sum A_{cond}} = (4 \times 13, 2) + (2 \times 10, 2) + (1 \times 13, 2)$$

$$\sqrt{\sum A_{cond}} = 86,4 \text{ mm}^2$$

$$Di = \sqrt{\frac{4 \times 86, 4}{0, 4 \times \pi}} = 16,6 \text{ mm}$$

Pela Tabela 2.4 pode-se determinar o diâmetro nominal do eletroduto. Como o diâmetro encontrado é de 16,6 mm, através dos dados fornecidos é possível verificar que o valor comercial mais próximo a esse é de 21,3 mm, para utilização de um eletrodutro de 25 mm (3/4").

Pode-se verificar nas Tabelas 2.2, 2.3 e 2.4 que o tamanho nominal dos eletrodutos fornecidos normalmente estão em mm – dimensão padronizada pelas normas brasileiras, porém é muito comum especificálos em polegadas. Por isso, a Tabela 2.5 disponibiliza a equivalência de mm para polegadas, a fim de facilitar o dimensionamento desses condutos.

Tabela 2.5 | Diâmetro nominal dos eletrodutos – equivalência (mm – polegadas)

Gran- deza	Diâmetro do eletroduto								
mm	20	25	3 2	40	50	6 0	75	8 5	1 1 0
pole- gada	1/2	$\frac{3}{4}$	1	1 1/4	$1\frac{1}{2}$	2	2 1 2	3	4

Fonte: Creder (2016, p. 105).

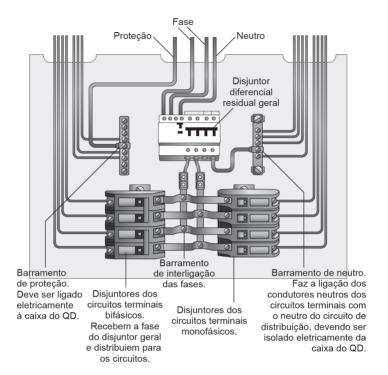
Quadros de distribuição

O Quadro de Distribuição (QD) é o local responsável pelo armazenamento dos dispositivos de proteção (assunto que discutiremos na próxima seção) e pela divisão da instalação em circuitos terminais, podendo ser de iluminação, TUGs ou TUEs.

Lembrando que os circuitos terminais inseridos nos QDs devem ser divididos corretamente, ou seja, é necessário que tenha sido feito um **balanço** ou um **equilíbrio de fases**, as cargas devem ter sidos distribuídas uniformemente entre as fases de modo a se obter o maior equilíbrio possível. Isso auxiliará no dimensionamento de condutores de bitola menor e, consequentemente, de eletrodutos de diâmetro menor.

Esses QDs são formados por disjuntor geral, barramento de interligação das fases, disjuntores dos circuitos terminais, barramento de neutro e barramento de proteção (FILHO, 2011). Pode-se analisar a disposição dos componentes do QD, pela Figura 2.2.

Figura 2.2 | Quadro de distribuição (fornecimento bifásico)

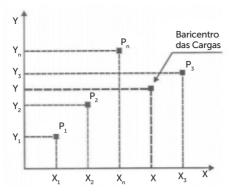


Fonte: Gomes (2011, p. 33).

O QD deve ser instalado próximo aos centros de carga da instalação, ou seja, em locais em que exista maior concentração de pontos de utilização e de potência. Isso permite a utilização de condutores de menor comprimento, reduzindo as quedas de tensão, as suas seções e as dos eletrodutos (CRUZ et al., 2012).

Para a determinação desse centro de carga, três variáveis devem ser levadas em conta: a quantidade de pontos de utilização, suas potências e localizações. A ponderação desses aspectos pode ser realizada pelo método denominado **baricentro**, que determina o local geométrico considerando a planta ou parte dela como se fosse um gráfico cartesiano (coordenadas X e Y), como mostra a Figura 2.3.

Figura 2.3 | Método baricentro



Fonte: Gomes (2011, p.39).

Os pontos X e Y são calculados pelas seguintes equações:

$$X = \frac{X_1 P_1 + X_2 P_2 + X_3 P_3 + \dots + X_n P_n}{P_1 + P_2 + P_3 + \dots + P_n}$$

$$Y = \frac{Y_1 P_1 + Y_2 P_2 + Y_3 P_3 + \dots + Y_n P_n}{P_1 + P_2 + P_3 + \dots + P_n}$$

Sendo:

Xn – coordenadas X do gráfico;

Yn – coordenadas Y do gráfico;

Pn – potências nos pontos de utilização.

Exemplificando

Para facilitar a compreensão desse método para o cálculo do centro de carga, vamos imaginar as seguintes cargas instaladas em determinada residência:

Carga 1: 200 W, coordenadas (2,3);

Carga 2: 200 W, coordenadas (3,4);

Carga 3: 500 W, coordenadas (5,6).

De posse das equações temos que:

$$X = \frac{2 \times 200 + 3 \times 200 + 5 \times 500}{200 + 200 + 500} = 3,89$$

$$X = \frac{3 \times 200 + 4 \times 200 + 6 \times 500}{200 + 200 + 500} = 4,89$$

Portanto, o QD deve ser instalado seguindo as seguintes coordenadas, (3,89; 4,89).

Deve-se respeitar também alguns critérios para a instalação do QD, a saber (NERY, 2012 e CRUZ, 2012):

- O QD deve estar em local de fácil acesso;
- O QD não deve estar localizado em áreas molhadas (banheiro, lavanderia, cozinha etc);
- O QD não deve estar localizado em escadas;
- O QD não deve ser instalado em localidades que costumam ficar fechadas à chave;
- O QD deve ser instalado em local seguro e visível.

O QD não deve ser instalado em paredes que dificultem a colocação de armários, estantes, entre outros móveis.



Reflita

Os quadros de distribuição são componentes muito importantes em uma instalação elétrica, sendo os responsáveis pelo armazenamento dos dispositivos de proteção e pela conexão dos condutores elétricos que levam a energia aos diversos circuitos do local instalado.

Você já parou para refletir sobre qual é a importância desses QDs estarem em locais de livre acesso, seguros e visíveis?

Sem medo de errar

Retomando a situação proposta no *Diálogo aberto* desta seção, para realizar o dimensionamento correto dos eletrodutos primeiramente é necessário averiguar se os condutores que serão utilizados possuem mesma seção nominal.

A partir da Figura 2.1 foi possível verificar que os condutores possuem bitolas diferentes (2,5 mm² e 4 mm²). Dessa forma, é necessário determinar a área total utilizada por cada condutor.

Tabela 2.6 | Seção nominal do condutor (mm²)

Seção nominal do condutor (mm²)					
Cu	Total*				
1,5	6,6				
2,5	10,2				
4	13,2				
6	16,6				
10	28,3				
16	38,5				
25	58,1				
35	78,5				
50	116,9				
70	147,4				
95	201,1				
120	254,5				
150	311,0				
185	397,6				

Fonte: Creder (2016, p. 104).

Temos, portanto:

Circuito 1 e 3: condutores de 2,5 mm² – área total ocupada 10,2 mm², sendo utilizados dois condutores no circuito 1 e seis condutores no circuito 3, conforme dados apresentados na Figura 2.1, de modo que:

$$\sqrt{\sum_{\text{circ. 1}} A_{\text{cond}}} = (8 \times 10, 2) = 81,6 \text{ mm}^2$$

Circuito 2: condutores de 4 mm² – área total ocupada 13,2 mm², sendo utilizados três condutores, conforme dados apresentados na Figura 2.1.

$$\sqrt{\sum_{\text{circ. 2}} A_{\text{cond}}} = (3 \times 13, 2) = 39,6 \text{ mm}^2$$

A partir dessas informações é possível calcular o diâmetro interno dos eletrodutos, com base na seguinte equação:

$$D_i = \sqrt{\frac{4 \times \sum A_{cond}}{f \times \pi}}$$
$$= \sqrt{\frac{4 \times (81,6 + 39,6)}{0,4 \times \pi}}$$
$$= 19.64 \text{ mm}$$

Escolhendo um eletroduto do tipo PVC da Tigre – rígido tipo rosqueável, pode-se determinar o diâmetro nominal do eletroduto, sendo de 25 mm (3/4").

Avançando na prática

Posicionamento do quadro de distribuição

Descrição da situação-problema

Após dividir os circuitos terminais de determinado projeto elétrico residencial, é necessário que você, como projetista, analise o melhor local para instalação do quadro de distribuição (QD), a fim de reduzir o comprimento dos condutores, diminuindo as quedas de tensão, suas seções e as dos eletrodutos.

As cargas instaladas na residência e suas coordenadas na planta baixa estão descritas a seguir, sendo: Carga 1: 1200 W, coordenadas (2,3);

Carga 2: 5000 W, coordenadas (3,4);

Carga 3: 500 W, coordenadas (2,6);

Em que local você instalaria esse QD?

Resolução da situação-problema

É possível calcular as coordenadas do local onde será instalado o QD. Para isso, podemos utilizar o método denominado de baricentro.

As seguintes equações auxiliaram nesse cálculo, sendo:

$$X = \frac{X_1 P_1 + X_2 P_2 + X_3 P_3 + \dots + X_n P_n}{P_1 + P_2 + P_3 + \dots + P_n}$$

$$Y = \frac{Y_1 P_1 + Y_2 P_2 + Y_3 P_3 + \dots + Y_n P_n}{P_1 + P_2 + P_3 + \dots + P_n}$$

Em que:

X_n – coordenadas X do gráfico;

Y_n – coordenadas Y do gráfico;

P_n – potências nos pontos de utilização.

Portanto, para essa residência temos os seguintes valores de coordenadas:

$$X = \frac{1200 \times 2 + 5000 \times 3 + 500 \times 2}{1200 + 5000 + 500}$$
$$X = 2,75$$

$$Y = \frac{1200 \times 3 + 5000 \times 4 + 500 \times 6}{1200 + 5000 + 500}$$
$$Y = 3,97$$

O QD deve ser instalado nas coordenadas da planta baixa (2,75; 3,97).

O local ideal para instalação é o que corresponde às coordenadas acima; porém algumas considerações devem ser

analisadas antes da instalação, sendo: instalar o QD em local de fácil acesso, não o instalar em áreas molhadas (banheiro, lavanderia, cozinha etc.), em escadas ou localidades que costumam ficar fechadas à chave.

Faça valer a pena

1. Os quadros de distribuição (QD) devem estar próximos aos centros de carga da instalação, a fim de permitir a utilização de condutores de menor comprimento, reduzindo as quedas de tensão, as suas seções e as dos eletrodutos. Ademais, a instalação desses QDs deve respeitar outros requisitos, como facilidade de acesso, funcionalidade e segurança.

A respeito da determinação desse centro de carga, pode-se afirmar que:

- I. Três aspectos devem ser levados em consideração, sendo eles: quantidade de pontos de utilização, suas potências e localização.
- III. Um método que permite a ponderação dos aspectos em análise para determinação do centro de carga é o baricentro.
- III. Um dos métodos que determina o centro de carga em que deverá ser instalado o QD leva em consideração o local geométrico considerando a planta ou parte dela como se fosse um gráfico cartesiano.

É correto o que se afirma em:

- a) I, II e III.
- b) Apenas I.
- c) Apenas II.
- d) Apenas III.
- e) l e ll apenas.
- **2.** Os eletrodutos são os componentes da instalação elétrica que propiciam um meio envoltório, ou invólucro, aos condutores elétricos. Esses dispositivos possuem como principais características e funções:
- I. A atuação como proteção mecânica;
- II. A atuação como proteção contra ataques do meio ambiente;
- III. A atuação como proteção contra incêndios, devido aos superaquecimentos ou arcos voltaicos;
- IV. Para um condutor a taxa máxima de ocupação do eletroduto é de 53%, para dois condutores de 31% e para mais de três condutores de 40%.

Analise as alternativas I a IV e determine se são verdadeiras (V) ou falsas (F).

- a) V, F, V, V.
- b) V, V, V, V.
- c) F, F, V, V.
- d) V, F, F, V.
- e) V, V, F, V.
- **3.** Determine o centro de carga para a instalação de um quadro de distribuição (QD) de determinada residência.

As cargas instaladas e coordenadas são:

- Carga 1: 200 W, coordenadas (2,3);
- Carga 2: 200 W, coordenadas (3,4);
- Carga 3: 500 W, coordenadas (5,6);
- Carga 4: 1000 W, coordenadas (3,2).

De posse das informações de carga instalada, qual é a coordenada determinada para instalação do QD?

- a) (3,33; 3,37).
- b) (3,35; 3,47).
- c) (3.32: 3.57).
- d) (3,42; 3,37).
- e) (3.52: 3.37).

Seção 2.2

Características gerais sobre dispositivos de proteção e interruptores

Diálogo aberto

Olá, aluno! Nesta seção, continuaremos o estudo a respeito dos principais conceitos relacionados aos dispositivos utilizados em instalações elétricas, abordando os aspectos referentes aos dispositivos de proteção e aos interruptores.

É essencial assimilar as definições e as principais características desses equipamentos e, para isso, será proposta uma situação em que seja necessária a aplicação dos aspectos estudados. Iremos considerar a seguinte situação: você é o responsável por um projeto elétrico residencial e já finalizou toda a etapa de dimensionamento de condutores e eletrodutos (conceitos analisados nas Seções 1.3 e 2.1). Para dar sequência ao seu trabalho é necessário dimensionar agora os dispositivos de proteção.

Inicialmente, você deverá dimensionar o dispositivo de proteção (contra sobrecorrente) para um circuito monofásico (Figura 2.4) que possui condutores unipolares de cobre com isolação de PVC, instalado em eletroduto de PVC embutido em alvenaria, cuja capacidade de condução de corrente é 32 A. A corrente presumida de curto-circuito pré-estabelecida é de 2 kA.

Figura 2.4 | Exemplificação de circuito monofásico



Fonte: Filho (2011, p. 192).

Para dimensionamento do dispositivo de proteção, utilize os disjuntores monopolares (127/220 V) do tipo UNIC - série 609, analisando as características abaixo:

- Corrente nominal (A): 4, 6, 10, 16, 20, 25, 32, 40, 50 e 63;
- Frequência: 50/60 Hz;

- Limiar de atuação magnética: 4 a 63 A;
- Corrente nominal em função da temperatura ambiente:
 - o 20° C (unipolar ou multipolar): 10,7; 16,6; 20,8; 26; 33,3; 41,6; 52; 65,5 A.
 - o 30° C (unipolar ou multipolar): 10; 16; 20; 25; 32; 40; 50; 63 A.
 - o 40° C (unipolar ou multipolar): 9,6; 15,7; 19,6; 24,5; 32; 40; 50: 63 A.
- Capacidade de interrupção em função da tensão de operação: 5 kA·
- Para o disjuntor de 25 A: $\frac{I_{cs}}{I_n}$ = 80, T_{dd} = 0,02 segundos.

Para que você possa realizar esse dimensionamento, nesta seção, você estudará os conceitos relacionados a estes dispositivos de proteção em instalações elétricas.

Bons estudos e ótimo trabalhol

Não pode faltar

Nesta seção, serão apresentadas e analisadas algumas características gerais sobre os interruptores e os dispositivos de proteção. A seguir serão fornecidas informações detalhadas sobre esses dispositivos.

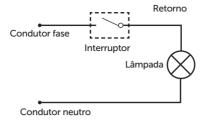
Interruptores

Os interruptores são dispositivos de manobra utilizados para comandar lâmpadas. Esses dispositivos se diferem dos disjuntores em relação à sua função final – os disjuntores são utilizados para proteção de circuitos elétricos (dispositivos automáticos) e os interruptores ou contatores são utilizados para acionar equipamentos (dispositivos manuais).

Os interruptores podem ser divididos em: interruptor simples, interruptor paralelo (*three-way*) e interruptor intermediário (*four-way*).

Os interruptores simples são formados por dois terminais e um contato. Esses equipamentos podem atuar no comando de um ou mais pontos de luz que estejam funcionando em conjunto, sendo realizado o acionamento simultâneo. A Figura 2.5 exemplifica o esquema elétrico de ligação desse tipo de interruptor.

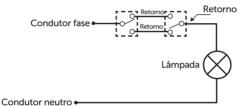
Figura 2.5 | Esquema elétrico do interruptor simples



Fonte: Nery (2012, p. 51 e 52).

Os interruptores paralelos possuem três terminais com um contato, atuando no comando de um ou mais pontos de luz por meio de dois interruptores. São amplamente utilizados em escadarias, corredores e salões com vários acessos, por permitir o acionamento por pontos diferentes. A Figura 2.6 exemplifica o esquema elétrico de ligação desse tipo de interruptor.

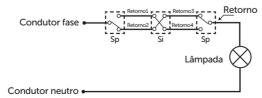
Figura 2.6 | Esquema elétrico interruptor paralelo



Fonte: Nery (2012, p. 52 e 53).

Por fim, os interruptores intermediários são constituídos por quatro terminais com dois contatos. Esses dispositivos permitem o acionamento de um ou mais pontos de luz por meio de três ou mais interruptores. Geralmente utiliza-se esse tipo de interruptor entre os interruptores paralelos, podendo ser usados dois interruptores paralelos e um ou mais interruptores intermediários. A Figura 2.7 exemplifica o esquema elétrico de ligação desse tipo de interruptor.

Figura 2.7 | Esquema elétrico (a) e representação unifilar do interruptor intermediário



Fonte: Nery (2012, p. 53 e 54).



Para saber mais sobre os interruptores utilizados em instalações elétricas, assista aos seguintes vídeos:

Interruptor Paralelo. Disponível em: https://www.youtube.com/ watch?v=zHRe5lr26hQ>. Acesso em: 29 jun. 2017.

Interruptor Simples. Disponível em: https://www.youtube.com/ watch?v=4l-mdEm_rTc>. Acesso em: 29 jun. 2017.

Dispositivos de proteção

Os dispositivos utilizados para a proteção de instalações elétricas têm por função, como a própria nomenclatura sugere, garantir a segurança de pessoas, animais domésticos e bens contra os perigos originados da má utilização de equipamentos ou mesmo de problemas que possam ocorrer nas instalações. A NBR 5410/2004 determina várias recomendações e critérios a respeito desses equipamentos. Nesta seção, serão analisados os aspectos relacionados à proteção contra sobrecorrente e à proteção contra choques elétricos.

Proteção contra sobrecorrente

Os condutores e equipamentos que fazem parte de um circuito elétrico devem ser protegidos por dispositivos de proteção contra sobrecorrentes, divididas em correntes de sobrecarga – corrente nominal da carga superior à corrente de projeto do circuito, causada por solicitações de equipamentos acima de suas capacidades nominais, como, por exemplo, os motores que acionam cargas permanentes ou transitórias acima de sua potência nominal, e correntes de curtocircuito (ou falta) – correntes extremamente elevadas devido às faltas elétricas (TAMIETTI, 2009).

Para proteção contra sobrecargas deve haver uma coordenação entre os condutores e os dispositivos, que deve atender duas condições, sendo:

$$I_B \le I_N \le I_Z$$

 $I_2 \le 1,45 \times I_Z$

Em que:

 $\emph{I}_{\emph{B}}$: corrente nominal de projeto do circuito;

 I_z : capacidade de condução de corrente dos condutores;

 I_N : corrente nominal do dispositivo de proteção;

 $\emph{\textbf{I}}_{2}$: corrente que assegura a atuação efetiva do dispositivo de proteção.

Para a proteção contra curto-circuito alguns requisitos também devem ser atendidos, a saber:

$$I_{R} \ge I_{CS}$$

$$T_{dd} \le t$$

$$t = \frac{K^{2} \times S^{2}}{I_{CS}^{2}}$$

Sendo:

 I_R : corrente de ruptura do dispositivo de proteção;

 \emph{I}_{CS} : corrente de curto-circuito presumida no ponto de instalação do dispositivo;

 $T_{\it ad}$: tempo de disparo do dispositivo de proteção para o valor de ICS:

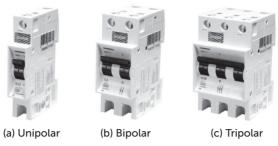
 $\emph{\textbf{t}}$: tempo limite de atuação do dispositivo de proteção, em segundos;

S: seção do condutor (mm2);

K: constante (115 – para condutores de cabo isolado com PVC; 135 – para condutores de cobre isolado com EPR ou XLPE; 74 – para condutores de alumínio isolados com PVC; e 87 – para condutores de alumínio isolados com EPR ou XLPE.)

Dentre os dispositivos de proteção mais utilizados estão **os disjuntores termomagnéticos** (DTM) e os fusíveis. Os disjuntores termomagnéticos atuam protegendo contra correntes de sobrecarga e curto-circuito. Esses dispositivos são os mais utilizados em instalações residenciais e comerciais devido ao fato de permitirem o religamento logo após a ocorrência das sobrecorrentes, sem a necessidade de substituição do equipamento (CRUZ et al., 2012). A Figura 2.8 ilustra exemplos desses disjuntores.

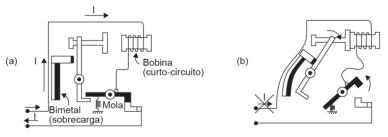
Figura 2.8 | Exemplos de disjuntores termomagnéticos



 $Fonte: \verb|\| + | thr://www.portaleletricista.com.br/wp-content/uploads/2015/05/tabela-de-disjuntores5.jpg>. Acesso em: 24 ago. 2017.$

O princípio de funcionamento do disjuntor termomagnético, ilustrado na Figura 2.9, baseia-se na atuação de dois dispositivos internos, o relé térmico e o magnético. O relé térmico atua somente na presença de correntes de sobrecargas, sendo formado por lâminas bimetálicas. Essas lâminas são constituídas de materiais que possuem coeficientes diferentes de dilatação, normalmente latão e aço. A atuação desse dispositivo é provocada por meio do aquecimento de uma liga bimetálica por uma corrente de sobrecarga que causa deformação suficiente para interrupção do circuito (CRUZ et al., 2012).

Figura 2.9 | Princípio de funcionamento do disjuntor termomagnético, a) DTM em operação normal e b) DTM atuando



Fonte: Cruz et al. (2012, p. 349).

Em contrapartida, o relé magnético atua apenas contra a corrente de curto-circuito. Esse dispositivo é formado por uma bobina com núcleo metálico, que se magnetiza na presença das correntes de falta (CRUZ et al., 2012).

Por conta do princípio de funcionamento desses disjuntores termomagnéticos a atuação dos mesmos possui características distintas quando submetidos a correntes de sobrecarga e de curto-circuito.

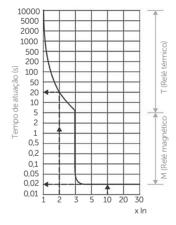


Para exemplificar como os disjuntores termomagnéticos atuam quando submetidos a correntes de sobrecarga e curto-circuito, vamos analisar a Figura 2.10, que mostra como se comporta a curva tempo *versus* corrente desse tipo de dispositivo.

A partir da Figura 2.9 temos informações sobre o tempo de atuação do disjuntor (eixo vertical) em relação ao valor da corrente do circuito, que utiliza a corrente nominal, IN como referência (eixo horizontal).

Pode-se verificar ainda que existem duas regiões nesta curva, a T – que corresponde a faixa de atuação do relé térmico e a M – que corresponde a faixa de atuação do relé magnético (eixo vertical).

Figura 2.10 | Curva de tempo x corrente de um disjuntor termomagnético



Fonte: Cruz et al. (2012, p. 350).

Analisando a curva, pode-se afirmar que em situações onde a corrente do circuito é menor que a corrente nominal, o disjuntor nunca atuará. Já em caso contrário, o disjuntor atuará e a relação tempo *versus* corrente será inversa, ou seja, quanto maior a corrente, menor será o tempo de atuação do disjuntor (CRUZ et al., 2012).

Imagine, portanto, que uma corrente 2x maior que IN atue no circuito. Pela Figura 2.9, verifica-se que, para este caso, o tempo de atuação seria de 20 segundos, sendo acionado apenas o relé térmico.

Ademais, pode-se afirmar que o relé magnético só seria acionado por meio de uma corrente no circuito muito maior do que a corrente nominal. Por exemplo, na passagem de uma corrente no circuito 10x maior que a corrente nominal, o relé magnético seria acionado e o tempo de atuação seria de 0,02 segundo.

O outro dispositivo de proteção muito utilizado, o **fusível**, oferece proteção contra correntes de curto-circuito e sobrecarga, porém seu uso não é indicado para sobrecargas leves e moderadas, devido a sua característica de atuação (tempo) x corrente não ajustável (FILHO, 2011).

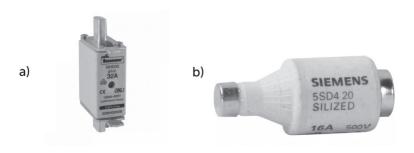
Esses dispositivos fusíveis atuam interrompendo a circulação de corrente, pela fusão de uma parte dimensionada para tal função, parte esta denominada de elo fusível (CRUZ et al., 2012). Essa interrupção ocorre quando a corrente excede o valor estabelecido durante um intervalo de tempo determinado, causando, dessa forma, a elevação da temperatura no fusível até a sua fusão (FILHO, 2011).

Os fusíveis são classificados de acordo com as características de desligamento, podendo ser de efeito rápido ou de efeito retardado. Os equipamentos classificados como de efeito rápido são mais utilizados em circuitos que sofrem baixa variação de corrente entre as etapas de partida e a de regime normal de operação, tais como cargas resistivas. Já os dispositivos classificados como de efeito retardado são mais utilizados em circuitos que possuem corrente de partida muitas vezes superior à corrente nominal, como por exemplo, motores elétricos (CRUZ et al., 2012).

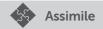
Não é possível utilizar fusíveis de efeito rápido para equipamentos com corrente alta de partida, pois o circuito seria interrompido no momento em que houvesse a partida, impedindo o funcionamento normal do equipamento.

Os fusíveis tipos SILIZED e NH são, respectivamente, de efeito rápido e retardado. A Figura 2.11 ilustra estes dispositivos.

Figura 2.11 | Fusível SILIZED (a) e fusível NH (b)



Fonte: https://goo.gl/zrNWhX>. Acesso em: 24 ago. 2017.



É importante enfatizar os conceitos sobre os disjuntores termomagnéticos e fusíveis.

O disjuntor termomagnético protege contra sobrecargas (TERMO – proteção térmica) e curtos-circuitos (MAGNÉTICO – proteção magnética). Esse dispositivo possui como principal vantagem a religação sem a troca do equipamento.

Já os fusíveis são mais indicados para atuação contra corrente de curtocircuito, devido ao seu princípio de funcionamento. Após sua atuação, é necessária a troca

Proteção contra choques elétricos

A NBR 5410/2004 estabelece diversos critérios e requisitos que devem ser atendidos para proteção contra choques elétricos. Esses choques elétricos podem ser ocasionados por contato direto, quando pessoas ou animais entram em contato com condutores ou partes condutoras das instalações elétricas (denominadas "partes vivas"), ou por meio de contato indireto, quando pessoas ou animais entram em contato com uma massa que ficou em condições de falta (NERY, 2012), e assim os dispositivos de proteção deverão ser dimensionados a fim de atender a esses aspectos.

Nesta seção, discutiremos o uso do dispositivo de proteção diferencial-residual (DR) para esse tipo de proteção. O dispositivo DR é utilizado em instalações elétricas para a proteção de equipamentos, sendo acionado quando detectadas correntes de fuga superiores ao valor nominal (CREDER, 2016).

Esses dispositivos são constituídos, basicamente, por quatro partes, sendo elas: um transformador de corrente, um disparador de relé, um circuito teste e um mecanismo de disparo. No mercado estão disponíveis dois tipos desses equipamentos, o disjuntor DR – que possui elevada capacidade de interrupção, podendo atuar contra sobrecorrentes e contra contatos indiretos dentro dos valores especificados; e o interruptor DR – que possui pequena capacidade de interrupção.

Quais aspectos devem ser analisados para a utilização de dispositivos DR? É necessário uma análise/medição das correntes de fuga nas instalações elétrica?

Sem medo de errar

Retomando a situação proposta no "Diálogo Aberto" desta seção, para realizar o dimensionamento correto dos disjuntores é necessário analisar os dados fornecidos e algumas restrições para sobrecarga e curto-circuito

Com base nos dados disponibilizados, sabemos que:

$$I_{\rm B} = 24 \, {\rm A}$$

$$I_7 = 32 \text{ A}$$

$$I_2 = 1,35 \times I_N$$

Conforme os requisitos que devem ser contemplados para atender a proteção contra sobrecarga, sabemos que:

$$I_B \le I_N \le I_Z$$

Aplicando os valores fornecidos, temos:

$$24 \le I_N \le 32$$

Para atender a esse intervalo, o disjuntor deverá possuir corrente nominal de 25 A (valor comercial disponível).

A fim de verificar se esse disjuntor seria o adequado para proteção contra sobrecargas, outro aspecto ainda deve ser atendido, sendo:

$$I_2 \le 1,45 \times I_7$$

Adotando o valor de corrente nominal de 25 A, temos:

$$I_2 = 1,35 \times 25$$

$$I_2 = 33,75 \text{ A}$$

$$1,45 \times I_7 = 1,45 \times 32 = 46,4$$

Portanto:

$$33,45 \le 46,4$$

De posse desse valor, podemos dizer que as condições foram atendidas para as duas equações, podendo ser utilizado esse disjuntor de 25 A para a proteção de sobrecargas.

Analisando agora os dados para proteção contra curto-circuito, sabemos que precisamos atender aos seguintes requisitos:

$$I_{R} \ge I_{CS}$$

$$T_{dd} \le t$$

$$t = \frac{K^{2} \times S^{2}}{I_{CS}^{2}}$$

Como a corrente presumida desse circuito é de 2 kA e a capacidade de interrupção em função da tensão de operação é de 5 kA, concluímos que o primeiro requisito foi atendido.

Para continuarmos a análise devemos agora calcular o tempo de disparo do dispositivo de proteção para o valor de $I_{\rm CS}$, verificando se este disjuntor de 25 A é adequado para essa instalação.

Sabendo que:

$$\frac{I_{CS}}{I_{p}} = \frac{2000}{25} = 80$$

E, pelo enunciado, para $\frac{I_{cs}}{I_n}$ =80, T_{dd} =0,02 segundos, precisamos agora calcular t.

Temos, portanto:

$$t = \frac{115^2 \times 4^2}{2000^2} = 0,0529 \text{ segundos}$$
$$0.02 \le 0.0529$$

Por fim, podemos concluir que a melhor escolha neste caso, baseando-se nas características do disjuntor fornecido, é a utilização do disjuntor termomagnético monopolar do tipo UNIC- série 609, de corrente nominal de 25 A, que atende de forma satisfatória a proteção desse circuito, tanto para sobrecargas, quanto para curtos-circuitos.

Avançando na prática

Analisando uma curva tempo x corrente de um disjuntor

Descrição da situação-problema

Vamos supor a seguinte situação: você está projetando uma instalação elétrica e antes de escolher o dispositivo de proteção a ser utilizado, deseja verificar as características da curva de atuação do disjuntor termomagnético, a fim de analisar se este equipamento atende as demandas requeridas de projeto, analisando os tempos de atuação para as seguintes situações:

- Tempo de atuação para uma corrente igual a IN;
- Tempo de atuação para uma corrente 2x maior que IN;
- Tempo de atuação para uma corrente 20x maior que IN.

Quais foram os tempos de atuação para cada caso? Quais fatores influenciaram no tempo de acionamento desse dispositivo?

Para ser possível esta análise, a Figura 2.9 fornece a curva de atuação desse tipo de dispositivo.

Resolução da situação-problema

Analisando a curva disponibilizada na Figura 2.9, podemos verificar que para uma corrente igual a $\rm I_N$ o tempo de atuação do disjuntor seria de 2000 segundos, sendo acionado apenas o relé térmico.

Já para o segundo caso, considerando uma corrente 2x maior que IN, verificamos que a atuação do dispositivo é bem mais rápida, de cerca de 20 segundos, sendo acionado também pelo relé térmico.

No terceiro caso, para uma corrente 20x maior que IN, o acionamento do disjuntor termomagnético é de 0,02 segundo, sendo acionado pelo relé magnético.

Com isso, você pode verificar que esse tipo de dispositivo de proteção atua conforme a corrente que percorre o circuito. Quanto maior a corrente no circuito, menor será o tempo de atuação do disjuntor.

Por fim, podemos concluir que esse dispositivo pode ser empregado tanto para correntes altas, quanto baixas, atendendo tanto a sobrecargas quanto as correntes de curto-circuito, porém atuando mais rapidamente em casos de corrente alta.

Faça valer a pena

1. Os dispositivos de proteção devem preservar os condutores e equipamentos que fazem parte de um circuito elétrico contra sobrecorrentes.

A respeito desses dispositivos pode-se afirmar que:

- I. Os disjuntores termomagnéticos e os fusíveis são os dispositivos de proteção mais utilizados.
- II. Os disjuntores termomagnéticos são formados por dois dispositivos internos, o relé térmico e o relé magnético.
- III. Os fusíveis são indicados para proteção contra sobrecargas leves e moderadas.
- IV. Os fusíveis atuam interrompendo a circulação de corrente pela fusão de uma parte dimensionada para tal função.

É correto o que se afirma em:

- a) I, II e III apenas.
- b) I, III, V apenas.
- c) I, II, III e IV.
- d) I, II, III apenas.
- e) I, II e V apenas.
- **2.** Os fusíveis são dispositivos utilizados para proteção das instalações elétricas.

A respeito das características desses dispositivos podemos afirmar que:

- I. Os fusíveis podem ser classificados como de efeito rápido e de efeito retardado.
- II. Os fusíveis de efeito rápido são utilizados geralmente em circuitos que sofrem baixa variação de corrente entre as etapas de partida e a de regime norma de operação.
- III. Os fusíveis de efeito retardado são mais utilizados em circuitos que possuem corrente de partida muitas vezes superior à corrente nominal.

É correto o que se afirma em:

- a) Apenas I e II.
- b) Apenas II.
- c) Apenas I.
- d) I, II, III.
- e) Apenas I e III.
- **3.** Os disjuntores termomagnéticos atuam na proteção contra sobrecargas e correntes de curto-circuito.

A respeito das características da curva de atuação desses dispositivos, podemos afirmar que:

- I. Para casos em que a corrente no circuito é menor que a nominal, o disjuntor nunca atuará;
- II. Para correntes maiores que a nominal o disjuntor atuará, e quanto maior a corrente no circuito, menor será o tempo de atuação do disjuntor.
- III. Para correntes muito maiores que a nominal o disjuntor termomagnético será acionado por meio do relé magnético.

Analise as afirmativas e as relacione a verdadeiro (V) ou falso (F).

- a) V, V, V.
- b) V, V, F.
- c) F, V, F.
- d) V, F, F.
- e) V. F. V.

Seção 2.3

Projeto Luminotécnico

Diálogo aberto

Olá, aluno! Após termos identificado e aprendido sobre os principais materiais e dispositivos utilizados nas instalações elétricas, podemos dar sequência à disciplina, analisando agora aspectos relacionados a projetos luminotécnicos.

Sabemos que a iluminação é um dos aspectos mais importantes quando estamos projetando instalações elétricas, pois o dimensionamento incorreto pode ocasionar vários problemas ao consumidor final. Por isso, nesta seção estudaremos os conceitos gerais que o auxiliarão na hora de elaborar um projeto luminotécnico.

Dessa forma, nesta seção, identificaremos e conceituaremos as principais grandezas luminotécnicas, e verificaremos as etapas necessárias para aplicação do método dos Lumens e do método ponto a ponto.

Para que você possa assimilar melhor os conceitos repassados nesta seção, iremos considerar a seguinte situação: você é o responsável por um projeto elétrico residencial, e está na etapa de dimensionamento da iluminação. É necessário a aplicação do método de Lumens, a fim de determinar a quantidade de luminárias e o fluxo luminoso para um dos ambientes que terá por função ser um escritório (para escrita, leitura e processamento de dados). Serão utilizadas luminárias com quatro lâmpadas fluorescentes de 32 watts (127 V), fluxo luminoso de 2.950 lumens cada, fator de manutenção de 0,67, e que possuem os coeficientes de utilização descritos na Tabela 2.7.

Tabela 2.7 | Coeficientes de utilização para lâmpadas fluorescentes

Índice						
do local (k)	751	731	711	551	511	331
2,00	0,75	0,71	0,67	0,73	0,70	0,67
2,50	0,59	0,75	0,72	0,77	0,74	0,71
3,00	0,81	0,78	0,76	0,79	0,77	0,75
4,00	0,84	0,82	0,80	0,79	0,79	0,78
5,00	0,86	0,84	0,82	0,84	0,82	0,81

Fonte: Creder (2016, p. 366).

O ambiente do escritório possuirá teto claro, paredes de cor média e pisos escuros, e sua metragem é de 8 x 16 m, pé-direito 3,60 m.

Sendo assim, quais informações você precisará determinar para aplicar o método dos Lumens? Quais as etapas deverão ser realizadas? Quais parâmetros deverão ser analisados?

Para que você possa determinar o número de luminárias a serem utilizadas e fluxo luminoso (não é necessário determinar a disposição das luminárias) para esse local, você estudará nesta seção os principais conceitos necessários a elaboração de projetos luminotécnicos.

Bons estudos e ótimo trabalho!

Não pode faltar

Quando projetamos instalações elétricas, um dos parâmetros mais importantes a se analisar e dimensionar corretamente é a iluminação dos ambientes. Por meio de uma iluminação correta é possível aumentar a produtividade, evitar acidentes, promover bem-estar e melhora no estado emocional dos seres humanos.

Com isso, ao projetar um ambiente é necessário dar atenção a vários aspectos, tais como as proporções do cômodo a ser iluminado, as cores das paredes e do teto e, principalmente, a eficiência dos equipamentos que serão utilizados. É nesse contexto que esta seção se insere, analisando os métodos utilizados para executar projetos luminotécnicos.

Antes de entrarmos no tema em questão, é importante a apresentação de alguns conceitos que auxiliarão na compreensão dos projetos luminotécnicos. Portanto, serão apresentados os conceitos referentes às grandezas luminotécnicas. Dentre os termos em estudo estarão: o fluxo luminoso; a eficiência luminosa; o tempo de duração; a intensidade luminosa; a luminância; a curva de distribuição luminosa; o índice de reprodução de cor; e a temperatura de cor.



É importante enfatizar o conceito de projeto luminotécnico. Esse termo refere-se ao estudo detalhado das técnicas utilizadas para o dimensionamento de iluminação artificial, por meio da energia elétrica. Portanto, deve-se relacionar "luminotécnica" sempre que se pensar em elaborar um projeto de iluminação, levando-se em conta todas as grandezas citadas acima.

Os conceitos e características gerais dessas grandezas serão definidos a seguir.

O **fluxo luminoso** (φ) pode ser conceituado como a potência de radiação total emitida por uma fonte de luz, entre os limites de comprimento de onda de luz visível (NISKIER et al., 2013). Simplificando essa conceituação, pode-se dizer que esse termo se refere à potência de energia luminosa de uma fonte percebida pelo olho humano (NISKIER et al., 2013). A unidade utilizada por essa grandeza luminotécnica é o lúmen (lm).

A **eficiência luminosa** se refere à relação entre o fluxo luminoso produzido e a potência elétrica consumida por determinada lâmpada (NERY, 2012). Quanto maior este valor, maior será a economia em termos de consumo de energia elétrica. Dessa forma, a eficiência energética é representada pela unidade lumens/Watts $\left(\frac{\text{Im}}{\text{W}}\right)$.

O tempo de duração de uma lâmpada é classificado em vida mediana, vida média e vida útil. A vida mediana é o número de horas resultantes que 50% das lâmpadas ensaiadas permaneceram acesas (NERY, 2012). A vida média refere-se à média aritmética do tempo de duração de cada lâmpada ensaiada (NERY, 2012). E, por fim, a vida útil é o termo utilizado para conceituar o número de horas decorridas em que se atinge 70% de emissão de luz devido à depreciação da lâmpada (NERY, 2012).

A iluminância é definida como uma medida de densidade de fluxo luminoso incidente sobre uma superfície. Ela é determinada a partir da razão entre o fluxo luminoso e a distância (ao quadrado) da superfície em análise.

Pode-se expressar a iluminância pela seguinte equação:

$$E = \frac{\phi}{A} = \frac{Im}{m^2} = Iux$$

A NBR ISO/CIE 8995-1:2013 determina os níveis de iluminância mantida e iluminância no entorno imediato. Esses dados estão disponíveis na Tabelas 2.8 e 2.9, respectivamente.

Tabela 2.8 | Nível de iluminância mantida (E_)

Tipo de ambiente, tarefa ou atividade	E _m (lux)	Observações		
Ár	Áreas gerais de edificação			
Áreas de circulação e corredores	100	Nas entradas e saídas, estabelecer uma zona de transição, a fim de evitar mudanças bruscas.		
	Subestações			
Salas de controle	500			
	Indústria elétrica			
Montagem média (por exemplo, quadros de distribuição)	500			
Montagem fina (por exemplo, telefone)	750			
Montagem de precisão (por exemplo, equipamentos de medição)	1.000			
Oficinas eletrônicas, ensaios, ajustes	1.500			
Escritórios				
Arquivamento, cópia, circulação	300			
Escrever, teclar, ler, processar dados	500			
Estações de projeto por computador	500			

Construções educacionais		
Salas de aula	300	
Salas de aula noturnas, classes e educação de adultos	500	
Quadro-negro	500	
Salas de desenho técnico	750	
Sala de aplicação e laboratórios	500	
Salas de professores	300	

Fonte: NBR 8995-1 (BRASIL, 2013, p. 12, 14,17, 19, 20 e 21).



Para ter acesso à tabela completa com níveis de iluminância mantida $E_{\rm m'}$ verifíque os dados fornecidos pela NBR ISO/CIE 8995-1:2013, p. 12-23. O arquivo está disponível em nossa biblioteca virtual. Disponível em: https://biblioteca-virtual.com/detalhes/parceiros/10>. Acesso em: 11 jul. 2017.

Tabela 2.9 | Iluminância no entorno imediato

Iluminância da tarefa (lux)	Iluminância do entorno imediato (lux)
≥ 750	500
500	300
300	200
≤ 200	Mesma iluminância da área de tarefa

Fonte: NBR ISO/CIE 8995-1 (2013, p. 5).

A **intensidade luminosa** é caracterizada como a potência de radiação visível, determinada em certa direção. Essa grandeza é expressa em candelas (cd).

A **luminância** é definida como a intensidade luminosa produzida ou refletida através de uma superfície aparente (CREDER, 2016).

Essa grandeza está relacionada ao nível de luminosidade percebida pelo ser humano, por meio do tamanho da superfície, do ângulo observado, e da intensidade luminosa emitida pela superfície em análise na direção do olho. A luminância é expressa por candelas por metro quadrado (cd/m²).

A **curva de distribuição luminosa** refere-se à representação da variação da intensidade luminosa de uma determinada fonte em diferentes regiões e/ou direções. Geralmente essas curvas são diagramas polares, elaborados para 1.000 lumens.

A Figura 2.12 mostra um exemplo desse tipo de curva luminosa.

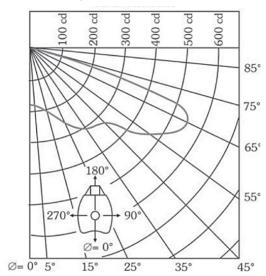


Figura 2.12 | Curva de distribuição luminosa

Fonte: Nery (2012, p. 226).

O **indice de reprodução de cor (IRC)** é um parâmetro utilizado para avaliar a capacidade de cada tipo de lâmpada reproduzir as cores dos objetos. A escala de IRC varia de 0 a 100, e quanto maior esse valor, melhor é a reprodução de cores.

A Tabela 2.10 fornece informações sobre alguns tipos de lâmpadas e o IRC das mesmas.

Tabela 2.10 | Índice de reprodução de cor para diferentes tipos de lâmpadas

Lâmpada	IRC	Qualidade	Aplicações
Incandescente comum	100	Excelente	Loja, residência, escritório etc.
Halógena			escritorio etc.
Fluorescente compacta			Área de circulação,
LED	80	Воа	oficina, ginásio, escada, residência, escritório
Multivapor metálico			etc.
Fluorescente tubular	60	60 Regular	Depósito, posto de gasolina, indústria etc.
Mista			
Vapor de mercúrio	40		\(\text{\text{\$\cdot\}}\)
Vapor de sódio – alta pressão	30	Ruim	Via de tráfego, pátio, canteiro de obra, estacionamento etc.
Vapor de sódio – baixa pressão	20		estaciona herito etc.

Fonte: Cruz et al. (2012, p. 242).

E, por fim, a **temperatura de cor** refere-se à cor aparente emitida por determinada lâmpada, ou seja, expressa a aparência de cor da luz. Quanto mais alto o valor dessa grandeza, mais branca é a cor de luz.

A Tabela 2.11 mostra os três tipos de luzes possíveis, sendo elas, quente, neutra e fria, associadas à temperatura de cor.

Tabela 2.11 | Temperatura de cor para luz quente, neutra e fria

Qualificação	Temperatura [K]	Efeitos associados e sensações
Quente	Até 3.300	Ambiente amigável, íntimo, pessoal e exclusivo.
Neutra	3.300 a 5.300	Ambiente amigável, convidativo e intenso.
Fria	Acima de 5.300	Ambiente preciso, claro, limpo e eficiente.

Fonte: NBR 8995-1 (BRASIL, 2013, p. 9).

Após compreender esses aspectos, pode-se continuar o estudo luminotécnico, apresentando agora os métodos mais utilizados, o método dos Lumens e o método ponto a ponto.

Método dos Lumens

O método dos Lumens, ou método do Fluxo Luminoso, é utilizado em projetos luminotécnicos, baseando-se na determinação da quantidade de fluxo luminoso necessário para determinado ambiente, analisando alguns parâmetros, tais como atividade desenvolvida, cores das paredes e do teto, tipo de luminária/lâmpada escolhida, entre outros. Pode-se dividir a aplicação desse método em 7 etapas.

A etapa 1 consiste na seleção da iluminância mantida (E_m) . Este valor é obtido a partir dos dados fornecidos pela Tabela 2.8.

Na etapa 2 são definidas a luminária e lâmpada que serão utilizadas. Para esta escolha, deve-se analisar o objetivo da instalação, fatores econômicos, facilidade de manutenção, entre outros (CREDER, 2016).

Para isso, é necessário analisar os tipos de luminárias e lâmpadas disponíveis, verificando as características das mesmas.

Em relação às lâmpadas, identifica-se três categorias: as incandescentes, as de descarga e as de estado sólido (LED – *Light Emitting Diode*).

As lâmpadas incandescentes emitem luz a partir do aquecimento de um fio até a sua incandescência. Devido ao seu baixo rendimento, essa categoria foi banida do Brasil, apesar de ainda ser eventualmente encontrada.

As lâmpadas de descarga provocam excitação de gases ou vapores metálicos, por meio de uma descarga elétrica, emitindo a radiação. Essas lâmpadas podem ser divididas em fluorescentes, de mercúrio, mista, de sódio e de vapores metálicos (NISKIER et al., 2013).

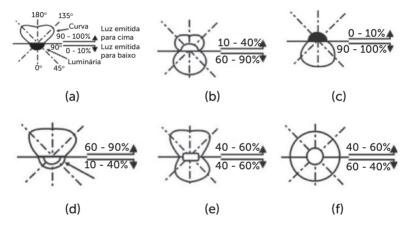
Por fim, as lâmpadas LED emitem radiação quando a corrente elétrica percorre os diodos (LEDs). Essas lâmpadas são as fontes de luz mais eficientes; por exemplo, uma lâmpada incandescente de 60W pode ser substituída por uma lâmpada LED de apenas 3 W (CREDER, 2016).



As lâmpadas LED trazem vários benefícios aos consumidores, porém apenas atualmente essas lâmpadas estão adquirindo espaço no mercado. Por que existe ainda um bloqueio para utilização dessas lâmpadas? Por que só agora elas estão sendo disseminadas?

Já as luminárias podem ser classificadas em função da distribuição do fluxo luminoso que proporcionam. A Figura 2.13 ilustra as classes em que elas podem ser enquadrar, podendo ser: indireta, semidireta, direta, semi-indireta, direta-indireta ou difusa.

Figura 2.13 | Classificação das luminárias: a) indireta, b) semidireta, c) direta, d) semi-indireta, e)direta-indireta e f) difusa



Fonte: Cruz et al. (2012, p. 261).

Após determinar as lâmpadas e luminárias, pode-se passar para etapa 3. Nesta etapa, é determinado o índice do local. Esse parâmetro se relaciona às dimensões do recinto, comprimento, largura e altura da montagem – altura da luminária ou lâmpada em relação ao plano de trabalho. O valor pode ser obtido a partir da equação abaixo:

$$k = \frac{c \times l}{h_m(c+l)}$$

Na qual, c é o comprimento do local, l a largura do local e h_m a altura de montagem da luminária.

A próxima etapa, a 4, consiste na determinação do coeficiente de utilização. Após a determinação do índice local e a refletância dos tetos, paredes e pisos (Tabela 2.12), é possível obter o coeficiente de utilização, parâmetro que relaciona o fluxo luminoso inicial emitido pela fonte de luz (luminária/lâmpada) e o fluxo útil no plano de trabalho.

É possível determinar esse dado, analisando o índice local e a refletância para o tipo de lâmpada utilizado. Cada lâmpada possui um valor distinto de coeficiente de utilização desse equipamento.

Tabela 2.12 | Índice de reflexão típica

Índice	Reflexão	Significado
1	10%	Superfície escura
3	30%	Superfície média
5	50%	Superfície clara
7	70%	Superfície branca

Fonte: Creder (2016, p. 371).

Determinado o coeficiente de utilização do equipamento, pode-se iniciar a *etapa 5*, que consiste na determinação do fator de manutenção de referência. Esse parâmetro relaciona o fluxo luminoso emitido no fim do período de manutenção e o fluxo inicial da lâmpada/luminária.

A Tabela 2.13 fornece dados sobre o fator de manutenção para sistemas de iluminação de interiores com lâmpadas fluorescentes.

Tabela 2.13 | Fatores de manutenção para sistemas de iluminação de interiores com lâmpadas fluorescentes.

Fator de Manutenção	Exemplo
0,80	Ambiente muito limpo, ciclo de manutenção de um ano, 2.000 h/ano de vida até a queima com substituição da lâmpada a cada 8.000 h, substituição individual, luminárias direta e direta/indireta com uma pequena tendência de coleta de poeira.

0,67	Carga de poluição normal no ambiente, ciclo de manutenção de três anos, 2.000 h/ano de vida até a queima com substituição da lâmpada a cada 12.000 h, substituição individual, luminárias direta e direta/indireta com uma pequena tendência de coleta de poeira.
0,57	Carga de poluição normal no ambiente, ciclo de manutenção de três anos, 2.000 h/ano de vida até a queima com substituição da lâmpada a cada 12.000 h, substituição individual, luminárias com uma tendência normal de coleta de poeira.
0,50	Ambiente sujo, ciclo de manutenção de três anos, 8.000 h/ano de vida até a queima com substituição da lâmpada a cada 8.000 h, substituição em grupo, luminárias com uma tendência normal de coleta de poeira.

Fonte: NBR 8995-1 (BRASIL, 2013, p. 52).

Após a determinação de todas as etapas acima, é possível aplicar os valores determinados até o momento na equação abaixo, que é a $etapa\ 6$.

$$\phi = \frac{S \times E_m}{u \times d}$$

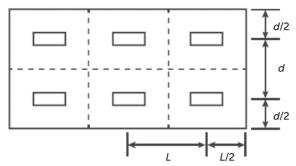
$$n = \frac{\phi}{\varphi}$$

em que, ϕ representa o fluxo luminoso local (lumens), S é a área do recinto (m²), E_m é o nível de iluminância mantida (lux), u é o fator de utilização ou coeficiente de utilização, d representa o fator de depreciação ou de manutenção, n o número de luminárias e ϕ o fluxo de luminárias (lumens).

Por fim, a última etapa, a 7, consiste na determinação do espaçamento máximo entre luminárias. Esse aspecto depende

da abertura do feixe luminoso, e para distribuição das lâmpadas e luminárias toma-se como dados práticos a distância entre luminárias, como o dobro da distância entre a luminária e parede (CREDER, 2016), conforme mostra a Figura 2.14.

Figura 2.14 | Distribuição típica de luminárias



Fonte: Creder (2016, p. 372).

Método ponto a ponto

O método ponto a ponto baseia-se na lei de Lambert, que afirma que a iluminância produzida em um ponto de uma superfície é proporcional à intensidade luminosa da fonte na direção da superfície, proporcional ao cosseno do ângulo de incidência que o raio luminoso faz com a normal ao plano e inversamente proporcional ao quadrado da distância da fonte à superfície (CREDER, 2016).

Dessa forma, para utilizar esse método é necessário conhecer as curvas de distribuição luminosa ou curvas fotométricas (um exemplo de curva é ilustrado na Figura 2.11), fornecidas pelos fabricantes de luminárias ou lâmpadas, ou mesmo, elaboradas em laboratórios de fotometria.

Após a análise dessas curvas é necessário aplicar as equações abaixo para obter iluminância no plano horizontal e vertical.

$$E_{p_h} = \frac{l(\theta)}{h^2} \cos \theta$$
 (plano horizontal)
 $E_{p_v} = \frac{l(\theta)}{h^2} \operatorname{sen}\theta$ (plano vertical)

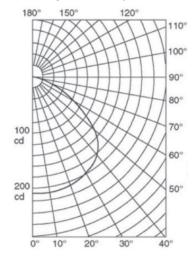
em que, E_p iluminamento em P (lux), $I(\theta)$ intensidade luminosa da fonte na direção de P (cd), h altura da montagem da luminância (m) e θ ângulo entre a vertical à superfície receptora e h.

Exemplificando

Para exemplificarmos a aplicação do método ponto a ponto, vamos supor que seja necessário calcular a iluminância no plano horizontal de uma lâmpada de vapor mercúrio, de 400 W, que possui um fluxo luminoso de 22.000 lumens e será instalada a 6 m de altura.

É necessário analisar a distribuição luminosa para θ = 0°, com base na Figura 2.15.

Figura 2.15 | Curva de distribuição luminosa para 1.000 lumens



Fonte: Niskier (2013, p. 258).

Analisando esta figura, pode-se dizer que para

$$\theta$$
 = 0°,para 1.000 lumens = 208 cd θ = 0°,para 22.000 lumens = 4.576 cd

Aplicando a equação para determinação do iluminância, temos

$$\theta = 0^{\circ}, E_{\rho_h} = \frac{4.576}{6^2} 1 = 127,11 \text{ lux(plano horizontal)}$$

Sem medo de errar

Retomando a situação proposta no *Diálogo aberto* desta seção, serão apresentadas as etapas que devem ser realizadas para a aplicação do método dos Lumens.

Para determinação da *etapa 01*, que consiste na seleção da iluminância mantida (E_m), é necessário analisar o tipo de ambiente, tarefa ou atividade desenvolvida neste local. Como trata-se de um escritório, destinado à escrita, à leitura e ao processamento de dados, com base na Tabela 2.8, podemos verificar que $E_m = 500 \, \text{lux}$.

Para a próxima etapa, a *etapa 02*, é necessário verificar qual tipo de lâmpada será utilizada. De acordo com o enunciado da situação-problema, sabemos que foi escolhido usar lâmpadas fluorescentes, de 32 watts (127 V), que possuem fluxo luminoso de 2.950 lumens.

Após determinadas as lâmpadas e luminárias, podemos passar para *etapa 03*, na qual será determinado o índice do local. O valor pode ser obtido a partir da equação abaixo, admitindo-se a altura da montagem da luminária de 2,8 m.

$$k = \frac{c \times l}{h_m(c+l)}$$

Temos, portanto:

$$k = \frac{8 \times 16}{2,8 \times (8+16)} = 1,9 \approx 2$$

A próxima etapa, a 04, consiste na determinação do coeficiente de utilização. Porém, antes de determiná-lo, é necessário identificar o índice de reflexão típica. Conforme os dados fornecidos pela Tabela 2.12, e sabendo que o ambiente possuirá teto claro, paredes cor média e cor do piso escura, podemos determinar o índice.

Temos:

- Índice 7 refere ao teto claro;
- Índice 3 refere-se a cor das paredes médias;
- Índice 1 refere-se a cor do piso escura.

O índice de reflexão, portanto, é de 731. De posse desse valor do índice de reflexão típica e do índice local, podemos determinar o coeficiente de utilização, que é de 0,71, conforme dados fornecidos pela Tabela 2.7.

Após determinar esse coeficiente, podemos iniciar a *etapa* 05, que consiste na determinação do fator de manutenção de referência. Com base na Tabela 2.13, e analisando as características deste ambiente, podemos afirmar que o fator de manutenção de referência é de 0,67.

Após a determinação de todas as etapas acima, é possível aplicar os valores determinados até o momento na equação abaixo, que é a *etapa 06*.

$$\phi = \frac{S \times E_m}{u \times d}$$

$$n = \frac{\phi}{\omega}$$

Resultanto em:

$$\begin{split} \phi &= \frac{8 \times 16 \times 500}{0,71 \times 0,67} = 134.538,57 \text{ lumens} \\ n &= \frac{\phi}{\varphi} = \frac{134.538,57}{4 \times 2.950} = 11,4 \approx 12 \text{ luminárias} \end{split}$$

Avançando na prática

Aplicação do método ponto a ponto

Descrição da situação-problema

Vamos considerar a seguinte situação: você está elaborando um projeto elétrico de uma indústria e precisa iniciar o projeto de iluminação, porém, para dimensionar corretamente, precisa aplicar o método ponto a ponto, a fim de verificar o iluminância no local.

É importante aplicar esse método, pois, a partir dele, você poderá analisar o iluminamento em qualquer ponto da superfície, individualmente, conforme as necessidades do ambiente em estudo.

É necessário, portanto, determinar a iluminância no plano horizontal de uma lâmpada fluorescente, de 400 W, que possui um fluxo luminoso de 20.000 lumens e será instalada a 5 m de altura.

Analise a distribuição luminosa para $\theta = 0^{\circ}$, $20^{\circ}e$ 30° , com base na Figura 2.14.

Resolução da situação-problema

Para determinar a iluminância do ambiente em estudo é necessário analisar a curva de distribuição luminosa e aplicar as equações abaixo para obter iluminância no plano horizontal e vertical.

$$E_{p_h} = \frac{I(\theta)}{h^2} \cos \theta$$
 (plano horizontal)

Portanto, a partir da Figura 2.4, temos:

 θ = 0°, para 1.000 lumens = 208 cd

 $\theta = 0^{\circ}$, para 22.000 lumens = 4.160 cd

 θ = 20°, para 1.000 lumens = 205 cd

 θ = 20°, para 22.000 lumens = 4.100 cd

 θ = 30°, para 1.000 lumens = 195 cd

 θ = 30°, para 22.000 lumens = 3.900 cd

Aplicando a equação para determinação do iluminância, temos,

$$\theta = 0^{\circ}$$
, $E_{p_h} = \frac{4.160}{5^2}$ 1 = 166,4 lux (plano horizontal)

$$\theta = 20^{\circ}$$
, $E_{p_n} = \frac{4.100}{5^2}$ 0,94 = 154,16 lux (plano horizontal)

$$\theta = 30^{\circ}$$
, $E_{p_n} = \frac{3.900}{5^2}$ 0,87 = 135,72 lux (plano horizontal)

Faça valer a pena

1. Para o estudo de projetos luminotécnicos é necessário primeiramente identificar e compreender as características das grandezas relacionadas a este tema.

Dentre as grandezas luminotécnicas, temos: I Fluxo luminoso;

- Il Intensidade luminosa:
- III Luminância:
- IV Iluminância

Relacione esses termos a suas características

- () É definida como uma medida de densidade de fluxo luminoso incidente sobre uma superfície.
- () Refere-se à potência de energia luminosa de uma fonte percebida pelo olho humano.
- () É definida como a intensidade luminosa produzida ou refletida através de uma superfície aparente.
- () É caracterizada como a potência de radiação visível, determinada em certa direção.

Analise os termos de la IV e os relacione com às lacunas.

- a) IV, I, III, II.
- b) IV, II, III, I.
- c) IV. III. I. II.
- d) IV. III. II. I.
- e) IV, I, II, III.
- 2. Um dos métodos aplicados em projetos luminotécnicos é o método dos Lumens, também denominado método Fluxo Luminoso. Esse método baseia-se na determinação da quantidade de fluxo luminoso necessário para determinado ambiente, com base em alguns parâmetros.

Dentre os parâmetros analisados nesse método, estão:

- 1. Nível de iluminância mantida. Esse valor varia de acordo com o tipo de ambiente tarefa ou atividade desenvolvida:
- II. Coeficiente de utilização. Para obtenção desse valor, deve-se determinar primeiramente o índice local e o índice de reflexão típica;
- III. Índice de reflexão típica. Esse parâmetro analisa apenas a cor do teto;
- IV. Fator de manutenção de referência. Esse valor relaciona o fluxo luminoso emitido no fim do período de manutenção e o fluxo inicial da lâmpada/luminária.

Analise as afirmativas I a IV e determine se são verdadeiras (V) ou falsas (F).

- a) V, V, V, V.
- b) F, V, V, V.
- c) V, V, F, V.
- d) V, V, F, F.
- e) V, F, V, V.
- **3.** O método ponto a ponto baseia-se na lei de Lambert e utiliza as curvas de distribuição luminosa ou curvas fotométricas como base para sua aplicação.

Além das curvas, é necessário aplicar algumas equações para obtenção da iluminância no plano horizontal e vertical do ambiente em estudo.

Dentre os parâmetros analisados nas equações aplicadas, estão:

- I. Intensidade luminosa da fonte na direção em estudo;
- II. Altura de montagem da luminância;
- III. Ângulo entre a vertical a superfície receptora e a altura de montagem;

Analise os parâmetros descritos, de I a III, e determine se são verdadeiros (V) ou falsos (F).

- a) V, V, V.
- b) V, F, V.
- c) V, V, F.
- d) V. F. F.
- e) F, V, V.

Referências

ABNT. Associação Brasileira De Normas Técnicas. NBR ISO/CIE 8995-1: iluminação de ambientes de trabalho - Parte 1: interior. Rio de Janeiro: ABNT, 2013.

CREDER, Hélio. Instalações Elétricas, 16. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2016.

CRUZ, Eduardo Alves; ANICETO, Larry Aparecido. Instalações elétricas: fundamentos, prática e projetos em instalações residenciais e comerciais. 2. ed. São Paulo: Érica, 2012.

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

GOMES, Flávio Vanderson. Curso de instalações elétricas. Universidade Federal de Juiz de Fora 2011

NERY, Norberto. Instalações elétricas: princípios e aplicações 2. ed. São Paulo: Érica, 2012.

NISKIER, Julio; MACINTYRE, Archibald Joseph. Instalações elétricas. 6. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2013.

TAMIETTI, Ricardo P. **Projeto de instalações elétricas prediais de baixa tensão**. Engeweb, 2009. Disponível em: http://www.ceap.br/material/MAT10092013131546.pdf, Acesso em: 11 jul. 2017.

Projeto elétrico residencial

Convite ao estudo

Caro aluno, nesta unidade, o tema central em estudo são os projetos elétricos de baixa tensão, e serão apresentadas, primeiramente, as normas em geral utilizadas para essas instalações. Por mais que vários aspectos e algumas normativas já tenham sido vistos nas Unidades 1 e 2, esta unidade tem por objetivo enfatizar todos os aspectos que devem ser estudados nos projetos de baixa tensão. Posteriormente, estudaremos as partes integrantes do projeto elétrico. E, por fim, serão apresentadas, de forma detalhada, todas as etapas necessárias para a elaboração e para execução de um projeto elétrico.

Na primeira seção, o estudo estará centrado na apresentação das normas técnicas, reguladoras e nas resoluções que são base para os projetos elétricos de baixa tensão. Também serão analisados os requisitos gerais para a realização do pedido de fornecimento de energia elétrica junto à concessionária distribuidora

Na segunda seção, serão identificadas as partes constituintes de um projeto elétrico, sendo elas: o memorial descritivo, o memorial de cálculo, as plantas baixas e os diagramas elétricos. Na última seção, por fim, serão apontadas as principais etapas que um projeto elétrico de baixa tensão deve conter, respaldando-o a respeito de cada um dos aspectos em análise.

Portanto, o objetivo desta unidade é que você, aluno, possa adquirir conhecimentos fundamentais para o desenvolvimento e para a execução de um projeto elétrico de baixa tensão.

Agora considere o seguinte contexto: você é o responsável por instalações elétricas de baixa tensão e deve desenvolver, executar e finalizar um projeto elétrico residencial. Para isso, você verificou que são necessárias algumas análises e estudos antes de iniciar efetivamente o projeto. Dessa forma, primeiramente será necessário analisar todas as normas que devem norteá-lo em relação a este local de estudo. Em um segundo momento, será necessário identificar e compreender as partes constituintes do projeto. Ao final, poderemos desenvolver o projeto elétrico, montando um roteiro e o executando, tratando, dessa forma, de todas as etapas do projeto.

Assim, o que você, como projetista, deverá considerar para iniciar a elaboração de um projeto elétrico? Quais são os elementos que constituem o projeto elétrico residencial? Quais normas e resoluções você deverá analisar?

Nesse sentido, com o andamento das seções, o nível do aprendizado será aprofundado, abordando novas etapas para a concretização desse projeto elétrico de baixa tensão. Bons estudos e ótimo trabalho nesta unidade!

Seção 3.1

Normas técnicas

Diálogo aberto

Olá, aluno! Projetar instalações elétricas de baixa tensão demanda estudo e análise de várias normas e documentos base. Conhecer e compreender as finalidades desses documentos é de extrema importância, pois eles o embasarão a respeito de todos os aspectos que devem ser verificados e executados em uma instalação elétrica de baixa tensão.

Para colocar em prática o conhecimento, vamos retomar a situação do Convite ao Estudo, na qual você é o responsável por instalações elétricas de baixa tensão e deve desenvolver, executar e finalizar um projeto elétrico residencial.

Nesta primeira etapa, você deverá compreender e apontar quais são as principais normas e identificar também quais são os órgãos por elas responsáveis, descrevendo todas as informações na forma de um relatório.

Lembre-se, além de apontar as principais normas, é essencial verificar quais são os aspectos principais descritos por cada uma delas. Para facilitar sua análise, você poderá classificar as normas em técnicas e reguladoras, e também listar quais são as principais resoluções em relação a instalações de baixa tensão.

Assim, quais são os principais órgãos no Brasil que regulamentam as instalações elétricas de baixa tensão? As normas técnicas e regulatórias estão relacionadas a quais aspectos das instalações elétricas? Se for necessário acessar as normas internacionais, quais são os órgãos recomendados?

Para auxiliar na elaboração dessa lista de documentos base relacionados a instalações elétricas, esta seção dará suporte aos temas em discussão

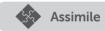
Espero que você esteja animado! Bons estudos e um ótimo trabalho.

Não pode faltar

Todos os projetos elétricos, tanto os de baixa quanto os de alta tensão, devem ser elaborados com base em normas técnicas e reguladoras e em resoluções. No Brasil, os documentos relacionados a normas técnicas são de responsabilidade da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) e as normas reguladoras são desenvolvidas pelo Ministério do Trabalho e Emprego (MTE). A Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL) é a responsável pela elaboração das resoluções, tendo por função regulamentar as políticas e diretrizes relacionadas à utilização e à exploração dos serviços de energia elétrica pelos agentes do setor e pelos consumidores em geral.

Nesta unidade, nos dedicaremos a conhecer e compreender os principais documentos desenvolvidos por estes órgãos para as instalações elétricas de baixa tensão.

Os procedimentos e informações necessários para a iniciação e para o desenvolvimento do projeto elétrico serão respaldados pelos documentos indicados acima. Ademais, serão analisados também os documentos necessários para finalização do projeto, sendo eles: a Anotação de Responsabilidade Técnica (ART) e o pedido de fornecimento de energia elétrica à concessionária responsável pelo suprimento desse serviço.



As normas técnicas elaboradas pela ABNT são utilizadas principalmente para o desenvolvimento do projeto elétrico e para a sua execução. Porém, para realizar o pedido de fornecimento de energia elétrica à concessionária de distribuição desse serviço é necessário seguir as normas por ela fixadas, analisando aspectos em relação à alimentação, à entrada, à medição de consumo, ao comando e à proteção geral das instalações elétricas (NERY, 2012).

Iniciaremos apresentando as normas elaboradas pela ABNT. Essas normas norteiam e devem ser observadas em relação aos aspectos gerais de instalações elétricas de baixa tensão. Entre os principais documentos desenvolvidos pela ABNT, temos:

• NBR 5410:2004 – Instalações elétricas de baixa tensão (procedimentos).

Essa norma estabelece os aspectos gerais que devem ser satisfeitos em uma instalação elétrica de baixa tensão, principalmente em instalações elétricas de edificações, tais como instalações residenciais, comerciais, industriais e de serviços, a fim de proporcionar a segurança a seres humanos e animais, promover o funcionamento adequado da instalação e, por meio dos fatores descritos neste documento, impulsionar a conservação dos bens.

Este documento auxilia e fornece os principais requisitos a respeito dos componentes gerais de uma instalação elétrica (materiais e dispositivos elétricos); dimensionamento de quadros de distribuição e elementos condutivos; proteção da instalação elétrica – proteção contra choques elétricos, sobrecorrentes, sobretensões, perturbações eletromagnéticas e quedas de tensão e faltas elétricas; prescrições gerais a todos os componentes da instalação elétrica; requisitos complementares para instalações ou locais específicos, entre outros aspectos.

A normativa em questão não deve ser utilizada como base para procedimentos referentes à iluminação pública, redes públicas de distribuição de energia elétrica, instalações de proteção contra quedas diretas de raios e instalações de cercas eletrificadas (ABNT NBR 5410, 2004).

• **NBR 5419:2015** – Proteção contra descargas atmosféricas (procedimentos).

A norma técnica em questão é composta de quatro partes, sendo a Parte 1 - Princípios básicos; Parte 2 - Gerenciamento de risco; Parte 3 - Danos físicos a estruturas e perigos à vida; e, Parte 4 - Sistemas elétricos e eletrônicos internos na estrutura (ABNT NBR 5419, 2015).

Na primeira parte dessa NBR encontram-se informações gerais sobre proteção contra descargas atmosféricas (ABNT NBR 5419, 2015).

A segunda parte desta norma dispõe de requisitos e

procedimentos básicos para a análise e para a avaliação dos riscos em determinada estrutura elétrica ocasionados por descargas atmosféricas (ABNT NBR 5419, 2015).

A terceira parte dessa norma estabelece aspectos e procedimentos referentes à proteção contra danos físicos e contras lesões em seres vivos relacionadas às descargas atmosféricas, apresentando uma medida de proteção, o sistema de proteção contra descargas atmosféricas – SPDA (ABNT NBR 5419, 2015).

Por fim, na última parte dessa norma são disponibilizadas informações gerais sobre projeção, instalação, manutenção e ensaio de sistemas de proteção elétricos que objetivam diminuir os riscos causados à estrutura em estudo devido às descargas atmosféricas (ABNT NBR 5419, 2015).

Com base nos aspectos apresentados em cada um desses documentos é possível embasar o projetista na determinação e na previsão da proteção contra descargas atmosféricas em instalações elétricas de baixa tensão.

• NBR 13534:1995 — Instalações elétricas em estabelecimentos assistenciais de saúde (requisitos de segurança).

Esta normativa fornece informações complementares a respeito das condições mínimas requeridas em instalações elétricas de caráter assistencial de saúde, tendo por objetivo garantir a segurança, principalmente de pessoas.

Ressalta-se que este documento completa requisitos e aspectos gerais fixados pela NBR 5410:2004, portanto, as informações que não estiverem normatizadas pela NBR 13534:1995 devem ser analisadas e consideradas a partir da NBR 5410:2004

• **NBR 13570:1996** – Instalações elétricas em locais de afluência de público (requisitos específicos).

A normativa em estudo refere-se a procedimentos complementares para instalações elétricas em locais de afluência de público, almejando garantir o funcionamento adequado do local, a segurança dos seres humanos e animais e, também, proporcionar aspectos fundamentais que impulsionem a conservação de bens (ABNT NBR 13570 1996).

A NBR 13570, como dito anteriormente, trata-se de um documento auxiliar, que fornece informações adicionais a NBR 5410. Dessa forma, devem-se analisar as duas normas, a fim de examinar as informações contidas em ambas, sanando eventuais dúvidas.

• NBR 14639:2001 – Posto de serviço (instalações elétricas).

A NBR 14639 apresenta requisitos mínimos que devem ser considerados em instalações elétricas referentes a equipamentos e dispositivos elétricos dispostos em postos de serviço. Os postos de serviço são áreas classificadas de acordo com sua finalidade, podendo ser áreas na qual uma atmosfera explosiva de gás está presente ou na qual é provável a sua ocorrência; e áreas nas quais não é provável sua ocorrência a ponto de exigir precauções especiais.

Pesquise mais

As normas elaboradas pela ABNT atendem aos requisitos estabelecidos no país para instalações elétricas, porém se for necessária a utilização de normas internacionais, recomenda-se a análise e pesquisa dos documentos disponibilizados pelos seguintes órgãos:

- IEC (Internacional Fletrotechnical Comission):
- **ANSI** (American National Standards Institute);
- **NEMA** (National Electrical Manufacturers Association);
- **DIN** (Deutsches Institut für Normung).

Comece sua busca, pelos documentos mais importantes de cada órgão, sugeridos na lista abaixo:

• IEC 60038:2002 - IEC standard voltages

- IEC 60364-5-51:2001 Electrical installations of buildings - Part 5-51: Selection and erection of electrical equipment -Common rules
- IEC 60364-5-52:2001 Electrical installations of buildings - Part 5-52: Selection and erection of electrical equipment -Wiring systems
- IEC 60364-5-54:2002 Electrical installations of buildings - Part 5-54: Selection and erection of electrical equipment -Earthing arrangements, protective conductors and protective bonding conductors
- IFC 60598-2-18:1993 Luminaires Part 2: Particular requirements – Section 18: Luminaires for swimming pools and similar applications
- IFC. 60598-2-22:2002 Luminaires Part 2-22: Particular requirements – Luminaires for emergency lighting

Disponíveis em: http://www.iec.ch/dyn/www/f?p=103:84:0. Acesso em: 18 ago. 2017.

• ANSI C78.380-2016 - American National Standard for Flectric Lamps—High-Intensity Discharge (HID)—Method of Designation

ANSI. Disponível em: https://share.ansi.org. Acesso em: 18 ago. 2017.

- NEMA FU 1-2012 Low Voltage Cartridge Fuses
- NEMA LE 5-2001 Procedure for Determining Luminaire Efficacy Ratings for Fluorescent Luminaires

NEMA. Disponível em: https://www.nema.org/Standards/. Acesso em: 18 ago. 2017.

DIN. Disponível em: Acesso em: 18 ago. 2017.

Após analisar os documentos bases disponibilizados pela ABNT, podemos dar seguência e verificar quais são as normas estabelecidas pelo MET. Esses documentos desenvolvidos pelo MET são designados de NRs (normas reguladoras). Dentre as normas fundamentais que devem ser atendidas pelas instalações elétricas de baixa tensão, estão:

• NR 10 – Segurança em Instalações e Serviços de Eletricidade.

A norma em questão fornece requisitos e condições mínimas de medidas de controle e sistemas preventivos que devem ser considerados em qualquer trabalho que envolva serviços com eletricidade.

Dentre os aspectos analisados na NR 10 estão: a segurança em projetos – fixa a obrigatoriedade de dispositivos de desligamento de circuitos em instalações elétricas, a fim de garantir a preservação do trabalhador; e situações de emergência – estabelece procedimentos fundamentais que devem ser atendidos em instalações ou serviços com eletricidade, a fim de garantir a segurança das pessoas frente a situações adversas, como incêndios; neste caso, deve-se desenvolver um plano de emergência na empresa, capacitar funcionários a executar o resgate e primeiros socorros a possíveis acidentados e a manusear e operar equipamentos de prevenção e combate a incêndios.

Esta normativa também estabelece fatores que devem ser analisados em instalações elétricas de alta tensão. Esses aspectos serão apresentados e verificados na Unidade 4.

• NR 23 - Proteção contra Incêndios.

A NR 23 estabelece os critérios fundamentais que devem conter em qualquer local de trabalho em relação à proteção contra incêndios e a medidas preventivas em geral.

• NR 26 – Sinalização de Segurança.

Esta norma estabelece os critérios gerais que devem ser considerados em locais de trabalho, almejando indicar e advertir a respeito dos riscos existentes.



As normas reguladoras elaboradas pelo Ministério do Trabalho e Emprego – MTE dispõe de regras gerais que devem ser consideradas na execução das instalações elétricas e também no desenvolvimento do projeto elétrico, promovendo medidas preventivas e incentivando o dimensionamento de equipamentos que atuem de forma eficiente, gerando proteção às pessoas que circulam no local em estudo.

Existem ainda algumas NRs que não foram citadas, como a NR 5 – Comissão Interna de Prevenção de Acidentes (CIPA), NR 6 – Equipamentos de Proteção Individual (EPI), NR 12 – Segurança no Trabalho em máquinas e equipamentos e NR 17 – Ergonomia, que podem ser aplicadas a instalações elétricas, tanto em projetos de baixa tensão quanto em projetos de alta tensão.

É importante levar em conta as peculiaridades de cada projeto a fim de estabelecer os fatores fundamentais que devem ser previstos.

Caro aluno, já imaginou como seriam os projetos elétricos e também as medidas preventivas para situações de emergência se não existissem essas normas? Ou mesmo, já imaginou quais seriam as consequências da não utilização dessas normas?

Vamos tratar ainda sobre as resoluções estabelecidas para instalações elétricas. Elas são desenvolvidas pela Agência Nacional de Energia Elétrica e estabelecem as condições gerais de fornecimento de energia elétrica no Brasil (CRUZ et al, 2012). Devido a sua importância, é necessária a busca por essas informações e, em decorrência da atualização frequente, é imprescindível o acesso a essas publicações por meio do site da ANEEL (Disponível em: http://www.aneel.gov.br/. Acesso em: 18 ago. 2017).

Dentre as várias resoluções disponíveis, destaca-se a Resolução N° 414 de 29 de setembro de 2010. Este documento estabelece as condições fundamentais para o fornecimento de energia elétrica, descrevendo sucintamente os aspectos que devem ser observados e analisados.

Por fim, podemos apresentar as informações básicas para a realização do pedido de fornecimento de energia elétrica, que deverá ser feito após a finalização do projeto elétrico de baixa tensão.

Esses procedimentos para solicitação de fornecimento de energia elétrica podem variar de acordo com a concessionária distribuidora desse serviço. Dessa forma é importante que o profissional responsável pela instalação elétrica consulte previamente a empresa, a fim de averiguar quais fatores e documentações devem ser atendidas.

Porém, de forma geral, algumas especificações são comuns, sendo assim, serão analisados a seguir os procedimentos definidos pela Light SESA, que atende o estado do Rio de Janeiro.

De acordo com essa empresa, é de responsabilidade do usuário apresentar à concessionária o projeto elétrico da instalação em estudo, contendo os seguintes itens (CREDER, 2016):

- I. Diagrama unifilar.
- II. Planta de localização.
- III. Planta baixa e cortes com detalhes dos agrupamentos de medição, da proteção geral de entrada, dos trajetos de linhas de dutos e circuitos de energia elétrica não medida.
- IV. Quadros de cargas.
- V. Avaliação da demanda (determinação da demanda provável).
- VI Tensão de atendimento
- VII. Características técnicas dos equipamentos e materiais.
- É obrigatória também a apresentação do documento denominado **ART Anotação de Responsabilidade Técnica**, devidamente registrada e quitada junto ao CREA, listando todos os serviços sob responsabilidade do projetista da instalação elétrica, e os dados técnicos da instalação elétrica.

Em relação à distribuidora, é de seu dever informar ao cliente os seguintes itens (CREDER, 2016):

- I. Cópia dos padrões de ligação.
- II. Formulários padronizados.
- III. Condições estabelecidas para o atendimento.
- IV. Tensão de fornecimento.

V. Níveis de curto-circuito no ponto de entrega.

VI. Valor de participação financeira a ser pago pelo consumidor, quando existir.



Dentre os itens que devem ser entregues à concessionária distribuidora de energia elétrica está a avaliação da demanda de entrada.

Cada empresa estabelece critérios diferentes para o cálculo dessa demanda, porém exemplificaremos o método estabelecido pela Light do Rio de Janeiro.

Para o cálculo da demanda são considerados os fatores de demanda e carga mínima fixados na Tabela 3.1 para instalações residenciais. Para cargas instaladas grandes (tomadas de uso específico), deve-se considerar fator de demanda igual a 1.

Tabela 3.1 | Fatores de demanda para cargas de iluminação e pequenos aparelhos

Tipo de carga	Potência instalada (VA)	Fator de demanda (%)			
	Até 1.000	80			
	De 1.000 a 2.000	75			
	De 2.000 a 3.000	65			
	De 3.000 a 4.000	60			
	De 4.000 a 5.000	50			
Residências	De 5.000 a 6.000	45			
	De 6.000 a 7.000	40			
	De 7.000 a 8.000	35			
	De 8.000 a 9.000	30			
	De 9.000 a 10.000	27			
	Acima de 10.000	24			

Fonte: Creder (2016, p. 99).

Vamos imaginar a seguinte situação: deve-se prever a provável demanda de uma instalação elétrica que possui carga instalada de 2.800 VA para iluminação, 3.000 VA para tomadas de uso geral (TUGs) e 15.000 W para tomadas de uso específico.

Para isso é necessário verificar qual será a carga total de iluminação e TUGs, sendo:

$$C_{parcial,1} = 2800 + 300 = 5800 \text{ VA}$$

Pela Tabela 3.1, temos que para cargas acima de 5.000 VA o fator de demanda que deve ser aplicado é de 0,45.

Dessa forma temos que:

$$C_{parcial, 1} X F_{demanda} = 5.800 \times 0.45 = 2610 \text{ W}$$

Como o fator de demanda para TUEs deve ser igual a 1, temos, portanto:

$$C_{parcial 2} = 15000 \text{ w}$$

Por fim, a provável demanda será de:

$$C_{total} = 2610 + 15000 = 17610 \text{ w}$$

Sem medo de errar

Para iniciar o relatório proposto pela situação-problema contida no *Diálogo aberto* desta seção, nota-se a importância de se conhecer primeiramente os órgãos que regulamentam as instalações elétricas de baixa tensão.

Podemos identificar três agentes principais, responsáveis por todos os documentos base estabelecidos no país, sendo eles: a Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT), o Ministério do Trabalho e Emprego (MET) e a Agência Nacional de Energia Elétrica.

A ABNT é responsável pela elaboração das normas técnicas para projetos elétricos de baixa tensão. Dentre as principais normas estabelecidas, estão:

- NBR 5410:2004 Instalações elétricas de baixa tensão (procedimentos).
- NBR 5419:2015 Proteção contra descargas atmosféricas (procedimentos).

- NBR 13534:1995 Instalações elétricas em estabelecimentos assistenciais de saúde (requisitos de segurança).
- NBR 13570:1996 Instalações elétricas em locais de afluência de público (requisitos específicos).
- NBR 14639:2001 Posto de serviço (instalações elétricas).

A NBR 5410 estabelece os critérios gerais que devem ser satisfeitos em uma instalação elétrica de baixa tensão. Dentre os aspectos analisados estão: os componentes gerais de uma instalação elétrica (materiais e dispositivos elétricos); dimensionamento de quadros de distribuição e elementos condutivos; proteção da instalação em elétrica – proteção contra choques elétricos, sobrecorrentes, sobretensões, perturbações eletromagnéticas e quedas de tensão e faltas elétricas; prescrições gerais a todos os componentes da instalação elétrica; requisitos complementares para instalações ou locais específicos, entre outros aspectos.

A NBR 13534 e a NBR 13570 são documentos complementares à NBR 5410. A NBR 13534 fornece informações sobre as condições mínimas que devem ser atendidas em estabelecimentos de saúde. Já a NBR 13570 fornece procedimentos referentes a locais de afluência de público, visando proporcionar segurança às pessoas que circulam nestes espaços.

A NBR 5419 disponibiliza dados detalhados sobre a proteção contra descargas atmosféricas e, por fim, a NBR 14639 estabelece os requisitos mínimos para determinação de equipamentos e dispositivos elétricos dispostos em postos de serviço.

O MET é o responsável pelas normas reguladoras (NRs). Dentre as principais NRs utilizadas em projetos elétricos estão:

- NR 10 Segurança em Instalações e Serviços de Eletricidade.
- NR 23 Proteção contra Incêndios.
- NR 26 Sinalização de Segurança.

Já a ANEEL é o agente responsável pelas resoluções normativas, que estabelecem as condições gerais de fornecimento de energia elétrica no Brasil, tendo por função regulamentar as políticas e diretrizes relacionadas à utilização e à exploração dos serviços de

energia elétrica pelos agentes do setor e pelos consumidores em geral. Como essas publicações estão em constante mudança e atualização é necessário o acesso para a obtenção de informações, porém uma das mais importantes normas para instalações elétricas está descrita na Resolução N° 414 de 29 de setembro de 2010, que estabelece as condições fundamentais para o fornecimento de energia elétrica.

Além de todos os documentos citados acima, caso seja necessária a utilização de normas internacionais que norteiam as instalações elétricas, pode-se analisar os procedimentos disponilizados pelos seguintes órgãos: IEC (Internacional Eletrotechnical Comission); ANSI (American National Standards Institute); NEMA (National Electrical Manufacturers Association); e DIN (Deutsches Institut für Normung).

Avançando na prática

Dimensionamento da provável demanda de entrada

Descrição da situação-problema

Vamos considerar a seguinte situação: você é responsável por um projeto elétrico residencial e acabou de finalizar todos os procedimentos de desenvolvimento dessa instalação elétrica, incluiu diagramas unifilares, plantas de localização, plantas baixas, quadros de cargas e listou todas as características técnicas dos equipamentos e materiais. O próximo passo que você deverá executar será o dimensionamento da provável demanda utilizada nessa residência.

Sabendo que o local em estudo possui carga total de tomadas de uso geral (TUGs) de 4.800 VA, iluminação de 2.000 VA e tomadas de uso específico (TUEs) de 20.000 W, qual seria a demanda de entrada?

Para auxiliar em seus cálculos, utilize a Tabela 3.1 como referência.

Resolução da situação-problema

Para dimensionar a demanda provável de entrada dessa residência é necessário primeiramente somar a carga parcial desse local, referente à carga total de iluminação e TUGs. Dessa forma, temos:

$$C_{parcial, 1} = iluminação + TUG$$

$$C_{\text{parcial},1} = 2000 + 4800 = 6800 \text{ VA}$$

A Tabela 3.1 nos fornece informações sobre o valor utilizado para calcular o fator de demanda para iluminação e TUGs. Tomando como base esse dado, sabemos que para cargas acima de 6.000 VA o fator de demanda que deve ser aplicado é de 0,40.

Dessa forma temos que:

$$C_{parcial 1} X F_{demanda} = 6.800 \times 0.40 = 2720 \text{ W}$$

Para cargas específicas sabemos que é necessário aplicar fator de demanda igual 1, temos então:

$$C_{parcial 2} = 20000 \text{ w}$$

Somando as cargas, obtemos a provável demanda, que é de:

$$C_{total} = 2720 + 20000 = 22720 \text{ w}$$

Faça valer a pena

1. A NBR 5419 — Proteção contra descargas atmosféricas é composta por quatro partes, a saber: Parte 1 - Princípios básicos; Parte 2 — Gerenciamento de risco; Parte 3 — Danos físicos a estruturas e perigos à vida; e, Parte 4 — Sistemas elétricos e eletrônicos internos na estrutura.

Dentre os objetivos fixados por essa norma, estão:

- I. Apresentar informações gerais sobre proteção contra descarga atmosférica
- II. Nortear o responsável por instalações elétricas a respeito de medidas de proteção, utilizando o SPDA como exemplo dessa aplicação.
- III. Disponibilizar requisitos e procedimentos básicos para análise e avaliação dos riscos em determinada estrutura elétrica.
- IV. Apresentar informações gerais sobre projeção, instalação, manutenção e ensaio de sistemas de proteção elétricos.

Analise as afirmativas I a IV e as relacione a verdadeiro (V) ou falso (F).

- a) V, V, V, V.
- b) V. F. V. V.
- c) V. F. F. V.

- d) V. V. V. F.
- e) V. V. F. V.
- **2.** Para realizar o pedido de fornecimento de energia elétrica junto à concessionária de energia elétrica vários itens devem ser entregues à empresa de energia. É importante realizar uma consulta prévia para averiguar quais são as documentações que devem ser atendidas. Porém, de forma geral, os seguintes documentos devem ser entregues pelo usuário.
- I. Diagrama unifilar.
- II. Plantas baixas.
- III. Quadros de carga;
- IV. Níveis de curto-circuito no ponto de entrega.

Analise os itens I a IV e os relacione a verdadeiro (V) ou falso (F).

- a) V, V, V, F.
- b) V, V, F, F.
- c) V, V, V, V.
- d) F. V. V. V.
- e) V, F, V, F.
- **3.** Dentre as normas estabelecidas pela Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) existe uma que dispõe sobre os aspectos gerais que devem ser estabelecidos em instalações elétricas de baixa tensão.

Essa norma deve ser considerada, especialmente, para instalações elétricas de edificações e tem por finalidade proporcionar a segurança a seres humanos e animais, promover o funcionamento adequado da instalação e conservação dos bens.

Dentre as particularidades abordadas nesse documento, está a descrição dos componentes gerais de uma instalação elétrica e o dimensionamento de quadros de distribuição e elementos condutivos, entre outros itens.

Analisando as características descritas no texto-base, qual norma aborda esses aspectos?

- a) NBR 5419:2015.
- b) NBR 13534:1995.
- c) NBR 13570:1996.
- d) NBR 5410:2004.
- e) NBR 14639:2001.

Seção 3.2

Elementos de um projeto residencial

Diálogo aberto

Olá, aluno! Para alcançarmos nosso objetivo final, que é projetar uma instalação elétrica de baixa tensão, é necessário analisar as normas e regulamentações, como estudado na Seção 3.1, e como próximo passo verificar e compreender as etapas principais que compõem o projeto elétrico. Estudar esses elementos é de suma importância, pois a partir deles verificaremos quais documentos devem ser desenvolvidos ao longo do projeto.

Para colocar em prática o conhecimento que será adquirido nesta seção, vamos retomar a situação do Convite ao Estudo, na qual você é o responsável por instalações elétricas de baixa tensão e deve desenvolver, executar e finalizar um projeto elétrico residencial.

Nesta segunda etapa, você deverá compreender e apontar quais são os elementos que compõem um projeto elétrico de baixa tensão, descrevendo os aspectos que o constituem por meio de um relatório. Entre os itens que deverão ser listados e descritos neste relatório estarão: o memorial descritivo, o memorial de cálculo, as plantas e diagramas elétricos, as especificações técnicas e o orçamento.

Assim, como os elementos que compõem o projeto elétrico são classificados? Quais as características de cada um deles? Quais itens formam cada elemento principal do projeto?

Para auxiliar na elaboração desse relatório contendo os componentes principais e os itens que os constituem, esta seção dará suporte aos temas em discussão.

Espero que você esteja animado. Bons estudos e um ótimo trabalho.

Não pode faltar

Após conhecermos e aprendermos sobre as normas técnicas, regulamentadoras e as resoluções que norteiam os projetos elétricos de baixa tensão, o próximo passo é identificar, compreender e caracterizar os elementos que constituem um projeto com essas especificidades.

De forma geral, um projeto de instalações elétricas de baixa tensão é composto pelos seguintes itens (NISKIER et al, 2013):

- I. Memorial descritivo.
- II. Plantas ou projeto propriamente dito.
- III. Memorial de cálculo.
- IV. Especificação dos materiais e dispositivos elétricos.
- V. Orçamento.

O **memorial descritivo** é um dos documentos elaborados durante o projeto que tem por função realizar uma breve descrição das decisões tomadas e, em determinados casos, justificar as soluções adotadas no caso em estudo. Basicamente esee memorial é formado por quatro itens, sendo:

a. Dados básicos de identificação do projeto.

Entre os dados básicos que devem constar nesse documento estão: nome do responsável pela obra, nome do cliente, endereço e dimensões do local em estudo.

b. Dados quantitativos do projeto.

Esses dados estão relacionados à indicação e à determinação da quantidade dos materiais utilizados na instalação elétrica em estudo de forma resumida. É necessário, também, documentar as características técnicas dos materiais utilizados no projeto.

c. Descrição geral do projeto.

Neste item deverão ser citadas de forma sucinta todas as etapas desenvolvidas no projeto e um resumo das plantas e diagramas gerados, para análise dos dados elaborados.

d. Documentação do projeto.

A documentação técnica do projeto refere-se ao conjunto de conhecimentos e normas aplicadas em determinada etapa de trabalho, descritos de forma tal que possam ser utilizados para posterior consulta ou estudo.

Além dos itens citados acima, é necessário abordar nesse documento alguns aspectos de segurança, tais como: (1) especificações relativas à proteção contra choques elétricos, queimaduras e outros riscos adicionais; (2) indicação de posição dos dispositivos de manobra dos circuitos elétricos; (3) identificação minuciosa dos condutores dos circuitos elétricos, equipamentos e dispositivos de manobra, controle e proteção; (4) restrições e advertências quanto ao acesso de pessoas aos componentes das instalações; (5) precauções relativas às influências externas; (6) funcionamento dos dispositivos de proteção constantes do projeto e destinados à segurança das pessoas; e, (7) compatibilidade entre os dispositivos de proteção e a instalaçõo elétrica (CRUZ et al. 2012).

A parte do projeto que diz respeito a **plantas** e **diagramas** é de suma importância, pois é por meio desses itens que o projeto elétrico em si toma forma. A partir desses conjuntos de plantas, esquemas e diagramas são detalhados os elementos necessários à correta execução do projeto.

Pesquise mais

Os projetos elétricos são desenvolvidos, geralmente, por meio de plantas e desenhos em softwares como o AutoCAD, QiElétrico, CADProj e PRO-Elétrico.

Para obter mais informações sobre esses programas digitais, acesse:

AutoCAD. Disponível em: https://www.autodesk.com.br/products/autocad/features. Acesso em: 19 ago. 2017.

QiElétrico. Disponível em: http://www.altoqi.com.br/software/qibuilder/projeto-de-instalacao-eletrica/qieletrico. Acesso em: 19 ago. 2017.

CADProj. Disponível em: http://www.highlightoficial.com/caddprojeletrica/. Acesso em: 19 ago. 2017.

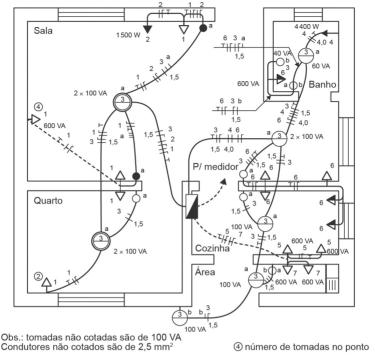
PRO-Elétrico. Disponível em: http://www.multiplus.com/software/ projetos-eletricos/pro-eletrica/modulos-e-recursos.asp>. Acesso em: 19 ago. 2017.

De acordo com o projeto, as plantas, os detalhes e as simbologias são desenvolvidos e requeridos, porém de forma geral, em instalações elétricas de baixa tensão, devem conter os seguintes elementos (GOMES, 2011):

- a. Desenho dos pontos de utilização.
- b. Localização dos quadros de distribuição de luz e dos quadros de força.
- c. Divisão das cargas em circuitos terminais.
- d. Desenho das tubulações dos circuitos terminais.
- e. Traçado da fiação dos circuitos terminais.
- f. Localização das caixas de passagem e dos pavimentos e prumadas.
- g. Localização do quadro geral de baixa tensão, dos centros de medidores, da caixa seccionadora, do ramal alimentador e do ponto de entrega.
- h. Desenho das tubulações dos circuitos alimentadores.
- i. Desenho do esquema vertical (prumada). Esses desenhos devem conter todos os quadros elétricos, caixas de passagem, trechos de eletrodutos e circuitos indicados na prumada elétrica, devendo ser replicados, na planta baixa, para determinar a posição física de cada elemento (FILHO, 2011).
- j. Traçado da fiação dos circuitos alimentadores.

A Figura 3.1 exemplifica um diagrama unifilar de um projeto residencial contendo os desenhos dos pontos de utilização, a localização do quadro de distribuição, a divisão das cargas em circuitos terminais, o desenho das tubulações e os traçados da fiação dos circuitos terminais.

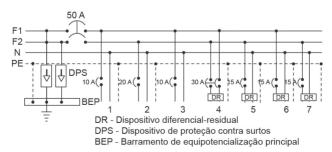




Fonte: Creder (2016, p. 55).

A Figura 3.2, em contrapartida, exemplifica o mesmo projeto residencial, porém o esquema utilizado para esta representação é um diagrama trifilar.

Figura 3.2 | Diagrama trifilar de um projeto residencial



Fonte: Creder (2016, p. 55).



O diagrama elétrico é o elemento mais importante de um projeto elétrico, pois a partir deste é possível representar todos os condutores, detalhar as posições dos eletrodutos, identificar as posições dos pontos de iluminação e tomadas, entre outros.

Caro aluno, entender as características do diagrama elétrico é essencial, pois a interpretação correta é primordial para o bom andamento das instalações elétricas no local em estudo.

Já imaginou os prejuízos que podem ser causados se profissionais despreparados analisam esse documento e o executam de forma incorreta?

O próximo item que compõe o projeto elétrico é o **memorial de cálculo**. Nesse documento são apresentados os cálculos e dimensionamentos do projeto elétrico. Dessa forma, esse memorial deve ser composto por alguns elementos, seguindo as devidas especificações, a saber:

a. Cálculos de previsões de carga.

A previsão de carga divide-se em alguns subitens, tais como: iluminação, pontos de tomada de uso geral e pontos de tomadas de uso específico.

É importante dimensionar as cargas corretamente, pois as próximas etapas do projeto serão baseadas nessa fase.

Exemplificando

Como estudado na Unidade 1, a previsão de carga deve ser dividida em: cargas de iluminação, cargas de tomadas de uso geral e cargas de tomada de uso específico.

Para exemplificarmos como são realizadas essas previsões e dimensionamentos, verificaremos as normas que devem ser seguidas, sendo:

• Para a iluminação: deve-se estabelecer pelo menos um ponto de luz fixo no teto em cada cômodo ou dependência e para

áreas maiores que 6m² é necessária a previsão de uma potência mínima de 100 VA para os primeiros 6m², acrescido de 60 VA para cada aumento de 4m² inteiros (regra válida para locais de habitação) (ABNT NBR 5410, 2004);

- Para as tomadas de uso geral (TUGs): cada área tem uma potência mínima definida. Nos banheiros deve-se prever pelo menos um ponto de tomada (potência mínima de 600 VA). Para cozinhas, copas, áreas de serviço e locais similares, deve-se prever uma tomada a cada 3,5 m, ou fração de perímetro, sendo que os três primeiros pontos de tomada devem ter potência mínima de 600 VA e os restantes de 100 VA. E para salas e dormitórios é necessária a previsão de pelo menos um ponto de tomada a cada 5 m ou fração de 100 VA por ponto (valor mínimo) (ABNT NBR 5410, 2004);
- Para as tomadas de uso específico (TUEs): deve-se prever a carga total demandada pelos equipamentos de uso específico (ABNT NBR 5410, 2004). Estes são equipamentos fixos, como, por exemplo, chuveiros, máquina de lavar, ar condicionado, torneira elétrica, enfim, aparelhos que possuam corrente superior a 10 A.

Vamos considerar então a seguinte situação: é necessário prever a carga de iluminação e tomadas de uso geral (TUGs) para um dos cômodos de determinada residência. A previsão será realizada para a cozinha, que possui metragem de 4x3 m.

Com base nos dados acima, sabemos que este ambiente deve possuir:

Tabela 3.2: Previsão de iluminação e tomadas de uso geral

	Dimer	nsões	Quantidade mínima			
Dependência	Perímetro (m)	Área m²	Iluminação	TUG's		
Cozinha 14		12	160 VA	3 x 600 VA 1 X 100 VA		

Fonte: elaborada pelo autor

Portanto, a carga total de iluminação é de 160 VA e de TUGs é de 1900 VA.

Após prever a carga total é possível dimensionar os quadros de distribuição (QDs) por meio do método baricentro. É importante lembrar que os QDs devem ser dimensionados considerandose circuitos reservas para posteriores ampliações nas instalações elétricas. De acordo com a NBR 5410:2004 deve-se seguir as seguintes recomendações: (1) para QDs que possuam até 06 circuitos efetivamente devem ser previstos 02 circuitos reserva; (2) para QDs que possuam de 07 a 12 circuitos efetivamente devem ser previstos 03 circuitos reservas; (3) para QDs que possuam de 13 a 30 circuitos efetivamente devem ser previstos 04 circuitos reservas e (4) para QDs que possuam mais que 30 circuitos efetivamente; devem ser previstos 0,15xN circuitos reservas.

b. Determinação da provável demanda.

A determinação da provável demanda é feita a partir dos fatores de demanda (fixados pela concessionária distribuidora de energia elétrica) e pela previsão de carga do local em estudo. Como enfatizado na Seção 3.1, é importante analisar os parâmetros utilizados por cada distribuidora, pois cada empresa pode estabelecer critérios diferentes para o cálculo desta demanda.

c. Dimensionamento de condutores.

O dimensionamento dos condutores elétricos deve ser realizado por dois métodos distintos: o método da capacidade de condução de corrente e o método de queda de tensão. É necessário também aplicar o critério da seção mínima – regra geral estabelecida pela NBR 5410:2004 (os detalhes sobre esses métodos podem ser obtidos na Unidade 1, Seção 1.3). Para instalações elétricas que possuam pequenas cargas pode-se utilizar o método da queda de tensão simplificado – método Watts.metro.

d. Dimensionamento de eletroduto.

Para o dimensionamento dos eletrodutos, é necessário, primeiramente, verificar se os mesmos possuem seções nominais iguais ou não. No caso das seções nominais serem iguais, pode-se determinar o diâmetro nominal dos eletrodutos por meio de tabelas

específicas fornecidas pelos fabricantes. Já para eletrodutos que possuam seções nominais diferentes é necessário calcular a área útil e, após esse passo, analisar as tabelas disponibilizadas pelos fabricantes (os detalhes sobre esses dimensionamentos podem ser obtidos na Unidade 2, Seção 2.1).

e. Dimensionamento de dispositivos de proteção.

O último dimensionamento que deve conter nesse memorial se refere aos dispositivos de proteção. É necessário verificar quais dispositivos serão utilizados – fusíveis, disjuntores, dispositivos diferenciais-residuais, e dimensioná-los conforme suas especificações técnicas e necessidades da instalação elétrica em questão.



É necessário documentar todos os cálculos feitos na instalação elétrica, pois posteriormente este memorial de cálculo deverá ser apresentado à concessionária distribuidora de energia para o pedido de fornecimento de energia elétrica.

Por fim, os últimos elementos que devem fazer parte dos projetos elétricos de baixa tensão são as especificações técnicas e o orçamento. As **especificações técnicas** devem dispor de dados detalhados dos tipos de materiais e dispositivos empregados, chegando ao nível de especificação do fabricante do produto. Devem ser identificados, também, materiais similares que disponham das mesmas características.

É importante listar todos os materiais que serão utilizados na execução do projeto, definindo a quantidade exata e as devidas características e especificações do produto.

Em relação ao **orçamento** é necessário, após a listagem dos materiais e dispositivos a serem utilizados, verificar alguns itens, tais como (NISKIER, 2014):

- a. Custo do material.
- b. Custo da mão de obra.

Neste item devem ser considerados os gastos com os profissionais efetivos (eletricistas) e com os serviços parciais (caso ocorram).

- c. Custos relacionados a leis sociais e encargos trabalhistas.
- d. Margem de risco (disponibilizada para eventuais materiais extras e mão de obra extra);
- e. Impostos e taxas estaduais e municipais.
- f. Passagens para condução de operários e transporte de material para a obra.
- g. Despesas referentes ao próprio projeto. É importante enfatizar que podem ocorrer modificações no projeto, requeridas pela concessionária distribuidora de energia elétrica, e estas devem ser contabilizados no orçamento final do projeto.
- h. Despesas indiretas, utilizando, por exemplo, como despachante, cópias, fotocópias etc.
- i. Lucro ou taxa de honorários profissionais. Esse valor está relacionado a uma porcentagem sobre o custo orçado, variável segundo o volume de serviços, o valor do contrato, a pressão de competição e o interesse em realizar a obra.

O valor final do projeto elétrico de baixa tensão é a soma de todos os itens listados acima. É importante listar todos os custos que esse projeto envolve, pois muitas vezes levamos em conta apenas o valor do projeto em si e dos materiais a serem utilizados.

Sem medo de errar

Para iniciar o relatório proposto pela situação-problema contida no *Diálogo aberto* desta seção, nota-se a importância de se conhecer os principais elementos que compõem os projetos de instalações elétricas de baixa tensão.

Podemos identificar cinco elementos principais, sendo eles:

a. Memorial descritivo.

- b. Plantas ou projeto propriamente dito.
- c. Memorial de cálculo
- d. Especificações dos materiais e dispositivos elétricos.
- e. Orcamento.

O primeiro elemento indicado, o **memorial descritivo**, refere-se a uma breve descrição das decisões e soluções tomadas no projeto, que poderão ser utilizadas em sua posterior execução.

Dentre os itens que compõem esse memorial estão: dados básicos de identificação do projeto; dados quantitativos; descrição geral; e documentação do projeto.

O próximo elemento elencado está relacionado às plantas ou diagramas elétricos. É importante que esses desenhos, diagramas e esquemas sejam feitos corretamente, pois é a partir deles que o projeto elétrico toma forma. Eles são os responsáveis pela base do projeto, embasando o projetista quanto à execução correta, detalhando todas as partes constituintes da instalação elétrica.

Em linhas gerais, o projeto arquitetônico de uma instalação elétrica de baixa tensão deve conter:

- (1) Desenho dos pontos de utilização.
- (2) Localização dos quadros de distribuição de luz e dos quadros de força.
- (3) Divisão das cargas em circuitos terminais.
- (4) Desenho das tubulações dos circuitos terminais.
- (5) Traçado da fiação dos circuitos terminais.
- (6) Localização das caixas de passagem dos pavimentos e prumadas.
- (7) Localização do quadro geral de baixa tensão, dos centros de medidores, da caixa seccionadora, do ramal alimentador e do ponto de entrega; desenho das tubulações dos circuitos alimentadores.

- (8) Desenho do esquema vertical (prumada).
- (9) Traçado da fiação dos circuitos alimentadores.

O **memorial de cálculo** (terceiro elemento indicado) apresenta todos os cálculos e dimensionamentos essenciais para a execução de um projeto elétrico. Nesse documento devem conter os seguintes cálculos: previsão de carga; provável demanda de carga; determinação dos condutores; determinação dos eletrodutos e determinação dos dispositivos de proteção.

Por fim, os últimos elementos que compõem o projeto elétrico são as **especificações técnicas** e o **orçamento**.

Em relação às especificações é necessário detalhar as características e a quantidade de materiais e dispositivos a serem utilizados nas instalações elétricas. É importante identificar materiais similares também, que contenham as mesmas propriedades.

E para o detalhamento do orçamento devem ser analisados vários aspectos, além do custo do projeto em si e dos materiais utilizados. Devemos levar em conta também o custo de mão de obra de eletricistas, os custos relacionados a leis sociais e encargos trabalhistas, impostos e taxas estaduais e municipais, considerar uma margem de risco, despesas indiretas (cópias, despachantes etc.) e honorários de profissionais especializados.

Avançando na prática

Previsão de carga

Descrição da situação-problema

Um dos elementos que compõem o projeto elétrico é o memorial de cálculo. O primeiro item que deve conter nesse documento são as previsões de carga, tanto de iluminação e de tomadas de uso geral (TUGs), quanto de tomadas de uso específico (TUEs). É importante determinar corretamente esses dados, pois serão utilizados nos próximos dimensionamentos feitos nas instalações elétricas,

como determinação de divisão de circuitos, dimensionamento de condutores elétricos e eletroduto

Diante desse contexto, vamos imaginar a seguinte situação: é necessário prever a carga de iluminação e de tomadas de uso geral (TUGs) de uma residência, que possui a seguinte metragem em cada ambiente:

Sala de estar: 5×4 m:

Quarto 1: 4×3 m:

Quarto 2: 5 x 4 m:

Banheiro: 2 x 3 m.

Cozinha: 5 x 4 m.

Qual seria a carga prevista para esses cômodos?

Resolução da situação-problema

Com base no embasamento teórico desta seção, podemos montar a seguinte previsão de iluminação e de tomadas de uso geral, vista na Tabela 33.

Tabela 3.3 | Previsão de iluminação e tomadas de uso geral

	Dime	nsões	Quantidade mínima			
Dependência	Perímetro (m)	Área (m²)	Iluminação	TUGs		
Sala de estar	18	20	280 VA	4 × 100 VA		
Quarto 1	14	12	160 VA	3 × 100 VA		
Quarto 2	18	20	280 VA	4 × 100 VA		
Banheiro	10	6	100 VA	1 × 600 VA		
Cozinha	18	20	160 VA	3 × 600 VA 3 × 100 VA		

Fonte: elaborada pelo autor.

Portanto, a carga prevista total para iluminação é de 980 VA e para tomadas de uso geral é de 3800 VA.

Faça valer a pena

1. Analise as características abaixo e as relacione aos elementos I a IV.
() São listados todos os itens que podem gerar custo ao projeto elétrico.
() Por meio desse elemento são detalhados todos os itens necessários à
correta execução do projeto elétrico, por meio de diagramas e esquemas.
() Tem por função realizar uma breve descrição das decisões e soluções tomadas no projeto elétrico.
() São detalhados os cálculos e o dimensionamentos das instalações elétricas.
I. Memorial descritivo.
II. Memorial de cálculo.
III. Plantas ou projeto propriamente dito.
IV. Orçamento.
Relacione os itens I a IV, às características descritas acima e assinale a alternativa que apresenta a ordem correta.
a) IV, II, III, I.
b) IV, I, II, III.
c) IV, II, I, III.
d) IV, III, II, I.
e) IV, III, I, II.
2. O(A) além de fornecer os dados básicos do projeto, dados quantitativos, descrição geral e documentação do projeto, deve
também dispor de informações a respeito da segurança nas instalações elétricas.
Preencha corretamente a lacuna.
a) Diagrama elétrico.
b) Memorial de cálculo.
c) Memorial descritivo.
d) Planta baixa.
e) Especificação técnica.

3. Para a elaboração de plantas, desenhos e esquemas elétricos utilizamse, normalmente, softwares para auxiliar no desenvolvimento do trabalho.

Dentre os softwares listados, qual é o mais utilizado em projetos elétricos?

- a) AutoCAD.
- b) Matlab.
- c) GAMS.
- d) Scilab.
- e) Proteus.

Seção 3.3

Elaboração de projeto elétrico residencial

Diálogo aberto

Olá, aluno! Para alcançarmos nosso objetivo de projetar uma instalação elétrica de baixa tensão, é necessário identificar, analisar e compreender todas as etapas que compõem esse projeto. Estudar esses elementos é imprescindível, pois a partir do detalhamento de todas as etapas saberemos o que precisamos determinar e também quais documentos devem ser gerados ao fim de cada fase.

Para colocar em prática o conhecimento que será adquirido nesta seção, vamos retomar a situação do Convite ao Estudo, na qual você é o responsável por instalações elétricas de baixa tensão e deve desenvolver, executar e finalizar um projeto elétrico residencial.

Nesta última seção, você deverá compreender e identificar todas as etapas principais que constituem o projeto final, descrevendo detalhadamente cada fase que deverá ser realizada. Dentre os elementos que deverão ser listados e descritos estarão: determinação de informações preliminares, determinação do padrão de atendimento, quantificação da instalação, seleção e dimensionamento de componentes, especificações técnicas e listagem dos equipamentos.

Assim, quais são as principais etapas que constituem um projeto elétrico de baixa tensão? Quais aspectos são considerados em cada fase do projeto? Ao final de cada etapa, quais dados devem ser obtidos?

Para auxiliar na elaboração desse relatório contendo o roteiro com as principais etapas e itens que constituem um projeto elétrico de baixa tensão, esta seção dará suporte aos temas em discussão.

Espero que você esteja animado. Bons estudos e um ótimo trabalho.

Não pode faltar

Após conhecermos e aprendermos as principais normas que norteiam os projetos elétricos de baixa tensão e também termos identificado, compreendido e caracterizado os componentes que constituem um projeto elétrico, podemos partir para o último passo: a identificação de todas as etapas do projeto, verificando as características e aspectos que devem ser analisados em cada parte do processo.



É importante enfatizar que todas as etapas de um projeto elétrico devem ser realizadas corretamente para assegurar o fornecimento de energia elétrica, desde a fonte alimentadora até os pontos de utilização, de forma segura e efetiva.

A seguir, analisaremos todas as etapas de um projeto elétrico, englobando os aspectos relativos à iniciação, ao desenvolvimento, à elaboração e à finalização. Os processos estão divididos em cinco aspectos básicos, a saber (TAMIETTI, 2009):

- 1 Análise inicia
- 2. Determinação do padrão de atendimento.
- 3. Quantificação da instalação.
- 4. Seleção e dimensionamento dos componentes.
- 5. Especificações técnicas e listagem dos equipamentos.

1. Análise inicial do projeto

A primeira etapa do projeto elétrico de baixa tensão corresponde à obtenção de informações preliminares sobre o local de estudo. Dentre os elementos que devem ser analisados nessa fase, estão o projeto arquitetônico – fornece informações sobre dimensões do local, inclusive o pé direito através de plantas, cortes, detalhes e fachadas; planta de situação – fornece informações sobre a rede de energia elétrica da distribuidora local; e cronograma (FILHO, 2011).

Ademais, é necessário verificar junto ao proprietário ou aos responsáveis as peculiaridades dessa instalação, como a localização preferencial dos pontos de utilização de energia, previsão e determinação de aparelhos de uso específico (por exemplo, quantidade de condicionadores de ar e/ou aquecedores), determinação das preferências quanto a materiais e equipamentos elétricos em geral, previsão de aumento de carga em determinado período, entre outros aspectos (FILHO, 2011).

Finalizando essa etapa, deve-se obter os seguintes resultados (TAMIETTI, 2009):

- I. Determinação das limitações físicas da instalação elétrica.
- II. Determinação dos equipamentos de uso específico previstos (prévia).
- III. Determinação das características elétricas dos equipamentos de uso específico previstos.
- IV. Identificação das linhas elétricas disponíveis.
- V. Estimativa preliminar da potência instalada.
- VI. Determinação da localização preferencial de entrada de energia elétrica.

2. Quantificação da instalação

A próxima etapa do projeto refere-se à quantificação da instalação elétrica. Nessa fase é necessário realizar um levantamento da previsão de cargas do projeto, determinando todas as potências que devem ser instaladas no local em análise.

Portanto, de posse dos dados iniciais, coletados na primeira etapa do projeto, e também aplicando as normas técnicas (assunto abordado na Seção 3.1) deve-se determinar os seguintes componentes:

- I. Previsão de tomadas de uso geral.
- II. Previsão de tomadas de uso específico.
- III. Previsão de iluminação.

É importante destacar que o caso ideal seria prever todos os pontos de utilização de energia elétrica conhecendo-os; porém, nem sempre os responsáveis e/ou proprietários da obra possuem essa informação. Nesse contexto é necessário estimar quais equipamentos deverão ser utilizados, comparando o projeto em questão com outros similares.

Ao final dessa etapa será possível obter os seguintes aspectos (TAMIETTI, 2009):

- I. Determinação do projeto de iluminação e marcação dos pontos de luz em planta.
- II. Determinação das tomadas de uso geral e das tomadas de uso específico em todas as áreas da instalação elétrica em questão, e marcação de todos os pontos em planta.
- III. Determinação da localização do centro de carga na instalação elétrica, podendo prever o local de instalação do quadro de cargas.
- IV. Determinação da potência instalada.
- V. Determinação de tensões de distribuição e utilização.



Reflita

Caro aluno, já imaginou quais problemas podem ser causados por um projeto elétrico mal dimensionado?

Reflita sobre como a falta de um projeto elétrico bem elaborado pode causar vários transtornos nas instalações, como: retrabalho no local, queima de diversos componentes por má dimensionamento, iluminação inadequada, falta de pontos de tomada, curto-circuitos e sobrecargas, aumento de custo de execução, entre outros. Dessa forma, analisar todos os requisitos do projeto e executá-los de forma correta e coerente é essencial.

3. Fornecimento de energia normal

A etapa seguinte do projeto compreende a determinação das condições em que a instalação em estudo será atendida com

energia elétrica pela distribuidora de energia elétrica local (para instalações de baixa tensão).

É preciso entrar em contato com a distribuidora e verificar quais aspectos são considerados para o pedido de fornecimento de energia, porém, de modo geral, é necessário determinar os sequintes itens (TAMIETTI, 2009):

- I. Determinar a provável demanda (assunto discutido na Seção 3.1).
- II. Identificar as modalidades e tensões de fornecimento.
- III. Determinar a categoria de atendimento do consumidor.
- IV. Determinar o ponto de entrega e a localização da entrada de energia elétrica.
- V. Determinar o nível de curto-circuito no ponto de entrega.
- VI. Determinar o esquema de aterramento a ser utilizado.

Pesquise mais

Para verificar e identificar quais aspectos devem ser considerados para realizar o pedido de fornecimento de energia elétrica é necessário acessar as normas estabelecidas pela distribuidora local.

Para saber mais sobre o assunto, acesse o site da distribuidora de seu estado e busque pela sua norma. Abaixo estão listados links para normas de algumas das maiores distribuidoras do país.

AES_Eletropaulo. Disponível em: https://www.aeseletropaulo.com.br/ padroes-e-normas-tecnicas/manuais-normas-tecnicas-e-de-seguranca/LIG%20MT%202011/LIG_MT_2011_VAC.pdf>. Acesso em: 18 ago. 2017.

CEMIG. Disponível em: http://www.cemig.com.br/pt-br/atendimento/ Clientes/Paginas/normas_tecnicas_3.aspx >. Acesso em: 18 ago. 2017.

COPEL. Disponível em: http://www.copel.com/hpcopel/root/nivel2.jsp? endereco=%2Fhpcopel%2Fnormas%2Fpagcopel2.nsf%2Fverdocatal%2F0 561E454DB1C6DEB03257505004EF73F>. Acesso em: 18 ago. 2017.

CPFL. Disponível em: https://www.cpfl.com.br/atendimento-a-consumidores/orientacoes-tecnicas/publicacoes-tecnicas/Paginas/normas-tecnicas.aspx. Acesso em: 18 ago. 2017.

ELETROBRAS. Disponível em: http://www.eletrobraspiaui.com/wp- content/uploads/2016/06/NDEE-02_Fornecimento-Energia-em-BT-Edifica%C3%A7%C3%B5es-Individuais-1.pdf>. Acesseo em: 18 ago. 2017. LIGHT. Disponível em: http://www.light.com.br/Repositorio/Recon/ RECON_BT_NOVEMBRO_2016.pdf>. Acesso em: 18 ago. 2017.

4. Seleção e dimensionamento dos componentes

Nessa etapa do projeto deve-se dimensionar e determinar todos os componentes que deverão ser utilizados na instalação elétrica.

Dentre os itens que devem estar listados e devidamente calculados estão:

I. Dimensionamento da entrada de serviço.

A entrada de serviço de uma instalação elétrica é dimensionada com base nas demandas máximas previstas (kVA) nesta unidade.

Cada distribuidora dispõe de uma tabela padronizada para esse dimensionamento, na Tabela 3.4 apresentaremos um exemplo de dados fornecidos pela Companhia Paranaense de Energia (Copel).

Tabela 3.4 | Dimensionamento das Entradas de Serviço de Edifícios de Uso Coletivo Copel

Condutores e Eletrodutos												
Demanda Corrente Max. Prevista Sec. Max. (kVA) (A)			Ramal de Entrada			Ramal Alimentador QDG		Aterramento				
			Fase/ Neutro		Eletroduto Interno		Fase/Neutro	Eletrod.	Cond.	Eletrod.	Disj. de	
		Cobre (mm²)	Alumínio AWG	Cobre (mm²)	Alumínio AWG/ MCM	Poste	Solo	Cobre (mm²)	Interno (mm)	de cobre (mm²)	PVC nominal	Proteção (A)
15	40	10	6	10	6	33	33	10	33	10	20	40
26	70	16	4	25(16)	2	50	50	25(16)	50	16	20	70
38	100	25	2	35(25)	1/0	59	50	35(25)	50	16	20	100
48	125	35	2	50(35)	3/0	62	62	50(35)	62	25	20	125
57	150	50	1/0	70(50)	250	62	62	70(50)	62	35	20	150
67	175	70	2/0	95(70)	300	78	78	95(70)	78	50	20	175
75	200	70	2/0	95(70)	350	78	78	95(70)	78	50	20	200
112,5	295	-	-	-	2x4/0	125	Nota 5 2x100	2x120(2x70)	91	50	20	300
150	394	-	-	-	2x350	125	Nota 5 2x100	2x150(2x95)	125	70	25	400
225	590	-	-	-	3x350	2x125	Nota 5 3x100	3×185(3×70)	2x125	95	25	600
300	787	-	-	-	4x450	2x125	Nota 5 4x100	4x185(4x70)	2x125	95	25	800
500	1315	-	-	-	4x450	-	-	4x400(4x150)	4x125	95	-	1400

Fonte: Filho (2011, p. 114).

Para exemplificar o dimensionamento de uma entrada de serviço de um prédio, vamos analisar os dados da Tabela 3.4 e prever os valores dos equipamentos desse edifício, sabendo que possui demanda máxima prevista de 145 kVA.

Analisando os dados fornecidos pela Copel, sabemos que:

Demanda Máxima: 145 kVA;

Ramal de entrada: 2x350 MCM – Alumínio;

Eletroduto no Poste: 125 mm;

Eletroduto no Solo: 2x100 mm;

Alimentador do QDG: 2x150 (2x95) mm², cobre (por fase):

Eletroduto interno: 125 mm;

Aterramento: 70 mm² cobre;

Eletroduto de PVC nominal (aterramento): 25 mm.

Disjuntor de Proteção Geral: 400 A.

II. Dimensionamento dos condutores.

Os aspectos referentes a esse tema foram discutidos na Seção 1.3, o dimensionando desses dispositivos deve ser feito por dois métodos: método de queda de tensão e capacidade de condução de corrente. Devendo ser aplicado também o critério da seção mínima (regra estipulada pela Norma NBR 5410:2004).

- III. Dimensionamento das tubulações.
- IV. Dimensionamento dos quadros de distribuição

A descrição detalhada desse dimensionamento encontra-se na Seção 2.1, podendo ser determinado o local de instalação desse quadro a partir de um método denominado baricentro.

V. Dimensionamento dos dispositivos de proteção.

O detalhamento do dimensionamento desses componentes foi feito na Seção 2.2, devendo ser analisadas as características de fusíveis, disjuntores, dispositivos de proteção diferencial-residual e as peculiaridades da instalação elétrica em questão.

VI. Dimensionamento dos aterramentos.

O sistema de aterramento de uma instalação elétrica pode ser classificado em três tipos: aterramento funcional – ligação à terra de um dos condutores do sistema; aterramento de proteção – ligação à terra das massas e dos elementos condutores estranhos à instalação; e aterramento de trabalho – torna possível ações de manutenção sobre partes da instalação normalmente sob tensão (CREDER, 2016).

Nas instalações de baixa tensão, os aterramentos devem prever, em geral, condutores de proteção, condutores de ligação equipotencial e de aterramento, e eletroduto de aterramento. Para classificar os esquemas de aterramento deve-se identificá-los por meio de um código de letras na forma XYZ, sendo que (CREDER, 2016):

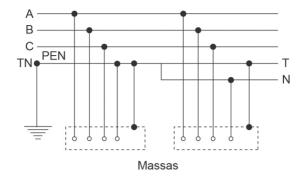
X= refere-se à situação da alimentação em relação à terra (podendo ser T- sistema diretamente aterrado ou I- sistema isolado ou aterrado por impedância).

Y= refere-se à situação das massas da instalação com relação à terra (podendo ser T- massas diretamente aterradas ou N- massas ligadas ao ponto de alimentação).

Z = refere-se à disposição dos condutores neutros e de proteção (podendo ser S – condutores neutro e de proteção separados ou C – condutores neutro e de proteção combinados em um único condutor).

A Figura 3.3 exemplifica um tipo de aterramento de proteção.

Figura 3.3 | Aterramento de proteção do tipo TN-C-S (condutor neutro e neutro combinados em um único condutor em uma parte do sistema)



Fonte: Creder (2016, p. 135).

- VII. Cálculos de curto-circuito.
- VIII. Validação da coordenação seletiva das proteções.

Ao final dessa etapa os seguintes documentos deverão ser obtidos, a saber (TAMIETTI, 2009):

- I. Esquemas unifilares e trifilares.
- II. Desenhos de iluminação.
- III. Desenhos de força.
- IV. Desenhos de aterramento.
- V. Memorial de cálculo.
- VI. Memorial descritivo.

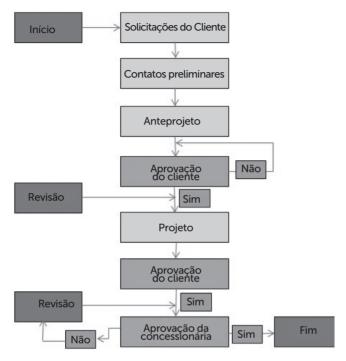
5. Especificações técnicas e listagem dos equipamentos

Essa é uma das últimas etapas que devem ser feitas no projeto e é de suma importância, pois é a partir dela que todos os detalhes e especificações dos materiais e dispositivos elétricos serão descritos.

É necessário gerar ao fim desta etapa todas as especificações técnicas dos componentes, uma lista ou relação de quantidade dos componentes que deverão ser utilizados. É importante citar produtos similares com a mesma qualidade, para que o consumidor tenha opções em sua escolha.

Por fim, pode-se exemplificar, de forma geral, os processos desenvolvidos para a elaboração de um projeto elétrico, como mostra a Figura 3.4.

Figura 3.4 | Fluxograma de elaboração de um projeto elétrico



Fonte: adaptada de Filho (2011, p. 30).

Sem medo de errar

Para iniciar o relatório proposto pela situação-problema contida no *Diálogo aberto* desta seção, um roteiro geral para a elaboração de um projeto elétrico de baixa tensão, é necessário identificar e apresentar as principais características de cada etapa.

Primeiramente é importante destacar as cinco principais etapas a serem cumpridas, sendo: análise inicial, determinação do padrão de atendimento, quantificação da instalação, seleção e dimensionamento dos componentes, especificações técnicas e listagem dos equipamentos.

A fase inicial do projeto, a **análise preliminar das informações**, deve apontar os principais dados que devem ser coletados antes de iniciar o projeto propriamente dito. Dentre os elementos que devem constar estão o projeto arquitetônico, a planta situação, o cronograma de projeto e as especificações pessoais do proprietário ou responsável pela instalação em estudo.

Finalizando essa fase, deve-se obter a determinação das limitações físicas da instalação elétrica, dos equipamentos de uso geral e específico preliminar e da potência instalada preliminar.

A segunda fase do projeto refere-se à **quantificação da instalação elétrica**. Nessa etapa deverão ser previstas e determinadas as tomadas de uso geral e específico e as cargas de iluminação.

Ao final dessa etapa deverá ser obtido o projeto de iluminação, determinada a potência instalada total e os pontos de utilização em geral (tomadas de uso geral e específico).

A próxima etapa do projeto compreende a **determinação do padrão de atendimento** da distribuidora local. Para essa etapa é necessário analisar as normas técnicas elaboradas pela distribuidora e verificar quais dados devem ser entregues a ela. De maneira geral, deve-se apontar e verificar a provável demanda, modalidade e tensões de fornecimento, categoria de atendimento, nível de curto-circuito e esquemas de aterramento.

A etapa quatro desse projeto refere-se ao **dimensionamento** e à **seleção de componentes**. Nessa etapa deve-se dimensionar a entrada de serviço, os condutores, as tubulações, os dispositivos de proteção, os aterramentos, calcular o curto-circuito e validar a coordenação seletiva das proteções.

Finalizando essa penúltima fase serão obtidos os esquemas unifilares e trifilares; os desenhos de iluminação, a força e o aterramento; o memorial de cálculo; e o memorial descritivo.

Por fim, a última etapa do projeto lista e especifica os equipamentos necessários para a execução da obra, devendo ser caracterizados e especificados de maneira correta para atender de forma segura e precisa as instalações em questão.

Avançando na prática

Dimensionamento de entrada de serviço

Descrição da situação-problema

Vamos imaginar a seguinte situação: é necessário dimensionar o ramal alimentador de uma unidade consumidora (um apartamento) e em seguida dimensionar a entrada de serviços do edifício em análise.

Como dados bases, verificaremos as informações disponíveis na Tabela 3.4 (dimensionamento de entrada de serviço) e na Tabela 3.5 (dimensionamento do ramal alimentador).

A demanda máxima prevista no apartamento é de 45 kVA e no edifício de 170 kVA.

Tabela 3.5 | Dimensionamento do Ramal Alimentador de Unidades Consumidoras de Edifícios de Uso Coletivo (Copel) (Parte da Tabela)

Limitações e Dimensionamento para Unidades Consumidoras											
Atendimento			Dimensionamento		Limitações						
Categoria	Demanda Máxima Prevista (kVA)	Disjuntor (A)	N° de fases	Ramal alimentador		Capacidade Máxima em aparelhos de ar-condicionado (cv)			Capacidade Máxima em aparelhos de Raio X (kVA)		
				Condutor cobre (mm²)	Eletroduto interno (mm)	F/N	F/F	Trifá- sico	F/N	F/F	Trifá- sico
41	38	100	3	35(25)	50	3	10	25	6,5	1	20
42	48	125	3	50(35)	50	7,5	12,5	30	6,5	10	20
43	57	150	3	70(50)	62	7,5	12,5	40	6,5	20	32
44	67	175	3	95(50)	78	7,5	12,5	50	6,5	20	32
45	76	200	3	95(50)	78	7,5	12,5	50	6,5	20	50

Fonte: Filho (2011, p. 113).

Analise os dados e dimensione corretamente os equipamentos que compõem o ramal alimentador e a entrada de serviços.

Resolução da situação-problema

Para o dimensionamento do ramal alimentador deste apartamento é necessário analisar os dados fornecidos pela Copel, disponíveis na Tabela 3.5.

A partir desses dados, podemos determinar os seguintes itens:

Demanda Máxima: 45 kVA;

Categoria: 42

Disjuntor de Proteção Geral: 125 A

Ramal Alimentador: 50(35) mm²

Eletroduto: 50 mm.

Para o dimensionamento da entrada de serviço desse edifício é necessário analisar os dados fornecidos pela Copel, disponível na Tabela 3.4.

Dessa forma, temos que:

Demanda Máxima: 170 kVA

Ramal de entrada: 3 x 350 MCM - Alumínio;

Eletroduto no Poste: 2 x 125 mm;

Eletroduto no Solo: 3 x 100 mm;

Alimentador do QDG: 3 x 185 (2 x 95) mm², cobre (por fase);

Eletroduto interno: 2 x 125 mm;

Aterramento: 70 mm² cobre;

Disjuntor de Proteção Geral: 600 A.

Faça valer a pena

1. O sistema de aterramento deve ser classificado de acordo com a situação da alimentação e das massas com relação à terra.

Para classificá-los, um código de letras é utilizado, na forma XYZ, sendo que:

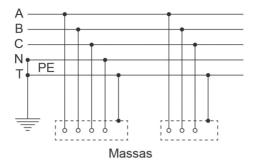
X= refere-se à situação da alimentação em relação à terra (podendo ser T- sistema diretamente aterrado ou I- sistema isolado ou aterrado por impedância).

Y= refere-se à situação das massas da instalação com relação à terra (podendo ser T- massas diretamente aterradas ou N- massas ligadas ao ponto de alimento).

Z= refere-se à disposição dos condutores neutros e de proteção (podendo ser S – condutores neutro e de proteção separados ou C – condutores neutro e de proteção combinados em um único condutor).

Sabendo disso, analise a Figura 3.5 e verifique em qual padrão ela se encaixa.

Figura 3.5 | Esquema de aterramento



Fonte: Creder (2016, p.135)

Com base no pré-texto e na Figura 3.5 em análise, verifique em qual tipo de aterramento se enquadra o sistema em questão.

- a) TN-S.
- b) TT-S.
- c) IT-S.
- d) IT-C.
- e) TN-C.
- **2.** Sobre os sistemas de aterramento podemos classificá-los em:
- I. Aterramento funcional: consiste na ligação à terra das massas e dos elementos condutores estranhos à instalação.
- II. Aterramento de proteção: consiste na ligação à terra dos condutores do sistema.
- III. Aterramento de trabalho: torna possível ações de manutenção sobre partes da instalação normalmente sob tensão.

Analise as afirmativas I a III e verifique quais estão corretas.

- a) Apenas I.
- b) Apenas I e II.
- c) As afirmativas I, II e III estão corretas.
- d) Apenas III.
- e) Apenas II.
- **3.** Para análise do padrão de fornecimento de energia elétrica pela distribuidora local, em geral, alguns itens são considerados, sendo eles:
- I. Determinação da provável demanda.
- II. Determinação da categoria de atendimento do consumidor.

- III. Determinação do ponto de entrega e localização da entrega de energia elétrica.
- IV. Determinação do nível de curto-circuito no ponto de entrega.

A respeito das afirmativas I a IV, classifique-as em verdadeiras (V) ou falsas (F).

- a) V, V, F, V.
- b) V, F, F, V.
- c) F, V, V, V.
- d) F, V, F, V.
- e) V, V, V, V.

Referências



CRUZ, Eduardo Alves; ANICETO, Larry Aparecido. Instalações Elétricas - Fundamentos, Prática e Projetos em Instalações Residenciais e Comerciais. 2. São Paulo: Érica, 2012.

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

GOMES, Flávio Vanderson, Curso de instalações elétricas. Universidade Federal de Juiz de Fora. 2011.

NISKIER, Julio; MACINTYRE, Archibald Joseph. Instalações Elétricas. 6. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2013. 2013.

NERY, Norberto. Instalações Elétricas – Princípios e Aplicações. 2. ed. São Paulo: Érica, 2012.

TAMIETTI, Ricardo P. Projeto de instalações elétricas prediais de baixa tensão. Disponível em: http://www.ceap.br/material/MAT10092013131546.pdf>. Acesso em: 18 ago. 2017.

Projeto elétrico industrial

Convite ao estudo

Caro aluno, já estudamos na Unidade 3 as normas e regulamentações gerais que devem ser seguidas por projetos elétricos de baixa tensão. O foco agora será a análise dos parâmetros gerais que devem ser considerados em projetos elétricos industriais, atendidos em média e alta tensão. Dessa forma, nesta unidade, serão analisadas primeiramente as normas técnicas e reguladoras para instalações atendidas nessas condições, verificando aspectos de segurança, os procedimentos que devem ser realizados para combate a incêndios e situações anormais em áreas industriais. Posteriormente, o estudo estará centrado na apresentação das partes integrantes desse projeto elétrico, enfatizando os aspectos intrínsecos que devem ser verificados e utilizados em áreas industriais. Por fim, serão expostas, de forma detalhada, as etapas necessárias para a elaboração e para a execução de projetos elétricos de média e alta tensão.

Na primeira seção, o estudo estará centrado na apresentação das normas técnicas, na descrição da norma reguladora número 10 (NR-10) e nas resoluções que são base para os projetos elétricos de média e alta tensão. Também serão apontadas e descritas algumas das normas técnicas desenvolvidas pelas concessionárias distribuidoras de energia elétrica.

Na segunda seção, serão identificadas as partes constituintes de um projeto elétrico, tais como o memorial descritivo, o memorial de cálculo, as plantas baixas e os diagramas elétricos, analisando as peculiaridades desses componentes em instalações industriais. Na última seção, por fim, serão apontadas as principais etapas de um projeto elétrico industrial, respaldando-o a respeito de cada um dos aspectos em análise.

Portanto, o objetivo desta unidade é que você, aluno, possa adquirir conhecimentos fundamentais para o desenvolvimento e para a execução de um projeto elétrico de média e alta tensão.

Agora considere o seguinte contexto: você é o responsável pelas instalações elétricas de uma indústria (atendida em alta tensão), e deve desenvolver um projeto elétrico para este empreendimento. Para isso, você verificou que são necessárias algumas análises e estudos preliminares, para que um projeto bem dimensionado, e que atenda aos requisitos exigidos, possa ser entregue. Dessa forma, primeiramente deverão ser listadas e descritas todas as normas que devem norteá-lo em relação a esse local de estudo, verificando os aspectos de segurança que esse ambiente deve possuir. Em seguida, será necessário identificar e compreender as partes constituintes do projeto, analisando as peculiaridades de um projeto industrial. E, por fim, deverão ser identificadas e descritas todas as etapas do projeto elétrico industrial, para que seja possível elaborar e executar a obra em questão.

Assim, o que você, como projetista, deverá considerar para iniciar a elaboração de um projeto elétrico industrial? Quais são as peculiaridades de um projeto elétrico de média e alta tensão? Quais são as normas e resoluções que você deverá analisar?

Nesse sentido, com o andamento das seções, o nível do aprendizado será aprofundado, abordando novas etapas para a concretização deste projeto elétrico industrial. Bons estudos e um ótimo trabalho nesta unidade!

Seção 4.1

Normas técnicas e segurança

Diálogo aberto

Olá, aluno! Para conseguir projetar instalações elétricas de média e alta tensão é necessário estudo e análise de várias normas e documentos bases. Conhecer e compreender as finalidades desses documentos é de extrema importância, pois eles darão suporte a respeito de todos os aspectos que devem ser verificados e executados em uma instalação elétrica industrial.

Para colocar em prática o conhecimento, vamos retomar a situação do *Convite ao Estudo*, na qual você é o responsável por uma instalação elétrica industrial, e deve desenvolver, executar e finalizar um projeto de alta tensão.

Nessa primeira etapa, você deverá compreender e apontar quais são as principais normas gerais para instalações elétricas de média e alta tensão, descrevendo todas as informações por meio de um relatório.

É importante também verificar quais procedimentos devem ser realizados para o combate a incêndios e condições atípicas em áreas industriais, já que esses locais, geralmente, estão sujeitos a maiores riscos de incêndio e, dependendo da atuação, são vulneráveis a explosões. Nesse contexto, aponte a principal normativa que dispõe dos aspectos que devem ser considerados em relação à segurança e às medidas preventivas nesses empreendimentos.

Assim, quais são os principais órgãos no Brasil que regulamentam as instalações elétricas de média e alta tensão? As normas técnicas e regulatórias estão relacionadas a quais aspectos das instalações elétricas? Quais são os procedimentos de segurança que devem ser executados para o combate a incêndios e a condições anormais nesses locais?

Para auxiliar na elaboração dessa lista de documentos base relacionados a instalações elétricas, esta seção dará suporte aos temas em discussão.

Esperamos que você esteja animado. Bons estudos e um ótimo trabalho!

Não pode faltar

Aprendemos, na Unidade 3, que todos os projetos elétricos devem ser elaborados com base em normas técnicas – desenvolvidas pela Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT), normas reguladoras – elaboradas pelo Ministério do Trabalho e Emprego (MTE) e resoluções – implementadas pela Agência Nacional de Energia Elétrica, e os projetos elétricos industriais, de média e alta tensão, não fogem à regra. Dessa forma, nesta unidade, apresentaremos os principais documentos que darão suporte ao desenvolvimento de projetos para instalações de média e alta tensão. Ademais, serão indicadas também algumas normas técnicas desenvolvidas pelas concessionárias distribuidoras de energia elétrica no Brasil.



As normas técnicas desenvolvidas pelas concessionárias distribuidoras de energia elétrica, chamadas comumente de NTC, devem ser observadas a fim de efetuar o pedido de fornecimento de energia elétrica. Em geral, essas normas não se chocam com as desenvolvidas pela ABNT, elas apenas indicam as condições mínimas exigidas pela empresa para que se efetue o fornecimento de energia elétrica ao empreendimento em estudo, dentro das particularidades de cada uma das concessionárias.

Dentre os aspectos analisados pelas concessionárias nestes documentos, estão: (1) tipos de fornecimento disponíveis; (2) categorias de atendimento; (3) dados gerais sobre fornecimento da rede aérea; (4) dados gerais sobre fornecimento por rede subterrânea; (5) níveis de tensão admissíveis; (6) descrição das características requeridas para entradas de serviço; (7) descrição dos sistemas de proteção necessários; entre outros parâmetros.

Iniciaremos a apresentação das informações sobre as instalações de média e alta tensão, verificando as normas elaboradas pela ABNT. Dentre os principais documentos desenvolvidos pela ABNT, temos:

• **NBR 5422:1985** – Projeto de linhas aéreas de transmissão e subtransmissão de energia elétrica (procedimento).

Essa norma estabelece as condições gerais que devem ser consideradas em projetos de linhas de transmissão de energia elétrica que possuem valor de tensão maior que 38 kV e menor que 800 kV, a fim de garantir um padrão de segurança e limitar perturbações nas instalações contíguas. As regras descritas na NBR 5422 são válidas para linhas aéreas de transmissão de energia elétrica e para projetos de reisolamento e/ou reforma de linhas aéreas de transmissão (ABNT NBR 5422, 1985).

Dentre os aspectos analisados nesse documento estão:

- i. Parâmetros meteorológicos e correções.
- ii. Cabos condutores e cabos para-raios.
- iii. Isoladores e ferragens.
- iv. Suportes e fundações.
- v. Aterramento.
- vi. Faixas de segurança.

É importante destacar que essa norma não deve ser utilizada para projetos de redes de distribuição urbana e rural; linhas de transmissão com condutores isolados; linhas de contato para tração elétrica; e linhas de telecomunicação.

• NBR 15688:2012 – Redes de distribuição aérea de energia elétrica com condutores nus.

Esta norma foi elaborada a fim de substituir a NBR 5433:1982 (redes de distribuição aérea rural de energia elétrica) e a NBR 5434:1982 (redes de distribuição aérea urbana de energia elétrica), estabelecendo, assim, a padronização das estruturas aéreas que constituem as redes de distribuição para sistemas monofásicos e trifásicos, atendidos por tensão de até 36,2 kV, formados por condutores nus

• **NBR 10898:2013** – Sistema de iluminação de emergência (procedimento).

O sistema de iluminação de emergência em instalações industriais (de média ou alta tensão) deve ser projetado de maneira adequada, a fim de garantir a segurança e evitar acidentes ou perturbações no local. Dessa forma, a NBR 10898 disponibiliza

as regras mínimas que devem ser atendidas para iluminação, descrevendo os equipamentos que devem ser utilizados, indicando o dimensionamento desses dispositivos, em suma, descrevendo os princípios gerais que devem ser seguidos e efetuados para que haja um projeto de iluminação de emergência efetivo.

Dentre os aspectos citados nessa norma, enfatiza-se que devem ser analisadas duas situações emergenciais para projetar esse sistema, sendo: falta ou falha de energia elétrica pela concessionária, e desligamento voluntário em caso de incêndio na área afetada ou em áreas com materiais combustíveis (ABNT NBR 10898, 2013). Esses aspectos devem ser considerados para projeção da iluminação, analisando a melhor área em que serão disponibilizados os equipamentos, o tempo de atuação desses dispositivos, quantidade de pontos de luz no local etc.

Lembrando que nas indústrias as áreas mais importantes que devem disponibilizar esses dispositivos de emergência são (MAMEDE FILHO, 2010):

- Corredores.
- ii. Salas de reunião.
- iii. Auditórios.
- iv. Saídas de emergência.
- v. Salas de máquinas.
- vi. Setores de produção de materiais combustíveis ou gasosos.



Para os locais citados que devem dispor de sistemas de iluminação de emergência, indica-se a iluminância (lux) mínima que deve ser atendida (MAMEDE FILHO, 2010).

Por exemplo, para os seguintes locais indica-se:

- Para auditórios e salas de recepção: 5 lux.
- Para corredores, refeitórios, salões ou iluminação externa: 10 lux.
- Para almoxarifados, escritórios, escadas, entradas em locais com desníveis: 20 lux.
- Para corredores de saída pessoal, centro de processamentos de dados, subestação ou salas de máquinas: 50 lux (MAMEDE FILHO, 2010).

• NBR 14039:2005 – Instalações elétricas de média tensão de 1.0 kV a 36.2 kV.

Essa norma estabelece os critérios gerais para projetos e para a execução de instalações elétricas que possuam tensão nominal de 1 kV a 36,2 kV, sendo aplicável para empreendimentos alimentados pela concessionária, abrangendo instalações de geração, distribuição e utilização de energia elétrica.

Em relação a instalações especiais, como instalações marítimas, de tração elétrica, usinas, pedreiras, entre outras, pode-se utilizar a NBR 14039 como base, porém deve-se atender também as normas específicas para cada um dos empreendimentos citados.

Entre os aspectos citados nesta norma estão os principais requisitos a respeito dos componentes gerais de uma instalação elétrica: proteção da instalação elétrica – proteção contra choques elétricos, sobrecorrentes, sobretensões, efeitos térmicos; seccionamento e comando de dispositivos; previsão de carga; esquemas de aterramento; condições de serviço e influências externas; seleção e instalação de linhas elétricas, entre outros.

A normativa em questão não deve ser utilizada como base para procedimentos referentes às instalações de cercas eletrificadas, instalações elétricas de concessionárias de serviços de geração, transmissão e distribuição de energia elétrica (cuja função seja serviço de utilidade pública) e trabalhos com circuitos energizados.



Alunos, já imaginaram como seriam os projetos elétricos industriais se não fossem adotadas as regras e padrões gerais estabelecidos pela ABNT?

Reflita sobre isso, a utilização dessas normas, além de ser uma exigência técnica, auxiliam no desempenho operacional dessas instalações, fornecendo subsídios para segurança e durabilidade nesses locais.

Para dar sequência ao estudo sobre as normativas que estabelecem as regras gerais para instalações de média e alta tensão, verificaremos a norma reguladora de segurança estabelecida pelo Ministério do Emprego e Trabalho, nomeada de NR 10 – Segurança em Instalações e Serviços de Eletricidade.

Essa NR estabelece os critérios mínimos de segurança que devem ser implementados em qualquer local que envolva serviços com eletricidade, como mencionado na Seção 3.1. Nesta seção serão destacados os aspectos principais que devem ser considerados em instalações industriais.

Como as áreas industriais, geralmente, estão sujeitas a maiores riscos de incêndio, e dependendo de suas atuações, são vulneráveis a explosões, os **procedimentos de segurança** dispostos na NR 10 devem ser analisados e utilizados. A seguir serão citados os principais parâmetros que devem ser considerados, a saber (MAMEDE FILHO, 2010; MTE, 2004):

i. Todas as empresas, que possuam carga instalada superior a 75 kW, são obrigadas a manter diagramas unifilares das instalações elétricas com as especificações do sistema de aterramento e dos dispositivos de proteção.

ii. Para estabelecimentos com carga instalada superior a 75 kW, deve ser elaborado e mantido um Prontuário de Instalações Elétricas, contendo: (1) procedimentos e instruções técnicas e administrativas de segurança e saúde; (2) documentação das inspeções e medições do sistema de proteção contra descargas atmosféricas e aterramentos elétricos; (3) especificação dos equipamentos de proteção coletiva e individual; (4) documentação que comprove a qualificação, habilitação, capacitação, autorização dos trabalhadores e treinamento relacionados à prestação de serviços com eletricidade; (5) resultados dos testes de isolação elétrica realizados em equipamentos de proteção individual e coletiva; e, (6) certificações dos equipamentos e materiais elétricos em áreas classificadas

iii. Para realizar trabalhos em circuitos energizados em alta tensão, devem ser realizadas avaliações prévias, estudo e planejamento das atividades e ações a serem desenvolvidas a fim de atender aos princípios técnicos básicos e às técnicas de segurança em eletricidades aplicáveis nestes locais.

iv. Todos os trabalhadores que exerçam suas atividades em áreas energizadas em alta tensão devem possuir equipamento que permita a comunicação com os demais membros da equipe e com o centro de operação durante a realização dos serviços.

- v. Para projetos de quadros, instalações e redes elétricas são obrigatórias à especificação dos dispositivos de desligamento de circuitos que dispõem de recursos para travamento na posição desligamento, para que possam ser travados e sinalizados.
- vi. Para áreas classificadas como suscetíveis a **risco elevado de incêndio ou explosões** devem ser adotados dispositivos de proteção complementar, como alarme e seccionamento automático para prevenção contra sobretensões, sobrecorrentes, fugas, aquecimentos ou para outras condições anormais de operação.

Pesquise mais

Existem ainda algumas NRs que não foram citadas, mas que são aplicáveis para instalações elétricas tanto de baixa tensão, quanto de alta, que podem ser analisadas, a saber:

- NR 5 Comissão Interna de Prevenção de Acidentes (CIPA).
- NR 6 Equipamentos de Proteção Individual (EPI).
- NR 12 Segurança no Trabalho em máquinas e equipamentos.
- NR 17 Ergonomia.
- NR 23 Proteção contra Incêndios.
- NR 26 Sinalização de Segurança.

Essas normas reguladoras podem ser obtidas em nossa biblioteca virtual.

Disponíveis em: https://biblioteca-virtual.com/detalhes/parceiros/10>. Acesso em: 10 set. 2017.

Vamos tratar ainda sobre as resoluções e procedimentos estabelecidos para instalações elétricas, desenvolvidas pela Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL). Como mencionado na Seção 3.1, uma das fundamentais resoluções para projetos elétricos é a **Resolução 414, de 09/09/2010**, que estabelece as condições gerais de fornecimento de energia elétrica, prestação e utilização de serviço de eletricidade.

Ademais, pode-se citar como um dos documentos fundamentais para a análise de instalações elétricas os Procedimentos de Distribuição de Energia Elétrica no Sistema Elétrico Nacional (PRODIST). Esses documentos normatizam e estabelecem um padrão para as atividades técnicas relacionadas ao funcionamento e ao desempenho dos sistemas de distribuição de energia elétrica. O PRODIST disponibiliza 11 módulos, sendo:

- i. Módulo 1 Introdução.
- ii. Módulo 2 Planejamento da Expansão do Sistema de Distribuição.
 - iii. Módulo 3 Acesso ao Sistema de Distribuição.
- iv. Módulo 4 Procedimentos Operativos do Sistema de Distribuição.
 - v. Módulo 5 Sistema de Medição.
 - vi. Módulo 6 Informações Requeridas e Obrigações.
 - vii. Módulo 7 Cálculo de Perdas na Distribuição.
 - viii. Módulo 8 Qualidade da Energia Elétrica.
 - ix. Módulo 9 Ressarcimento de Danos Elétricos.
- x. Módulo 10 Sistema de Informação Geográfico Regulatório.
- xi. Módulo 11 Fatura de Energia Elétrica e Informações Suplementares.

Lembrando que em decorrência da atualização frequente das normas da ANEEL é imprescindível o acesso a essas publicações por meio do site da agência (Disponível em: http://www.aneel.gov.br/>. Acesso em: 10 set. 2017).

Por fim, é importante indicar algumas das normas técnicas desenvolvidas pelas concessionárias de energia elétrica. Nesta seção, serão citadas, a fim de exemplificar, as normas técnicas estabelecidas pela Companhia Paranaense de Energia (Copel), que indicam as condições mínimas exigidas para o fornecimento de eletricidade, os padrões construtivos de redes e entradas de serviço e os procedimentos relativos às atividades da empresa, exigências para equipamentos de medição, uniformes, equipamentos de segurança do trabalho e ferramentas.

Entre as NTCs estabelecidas, estão:

• NTC 903100 - Fornecimento de tensão primária de distribuição.

Essa norma estabelece os padrões gerais para o fornecimento de eletricidade para unidades consumidoras que sejam atendidas em tensões nominais de 13,8 kV e 34,5 kV por meio da rede primária da Copel.

• NTC 900100 – Critérios para apresentação de projetos de entrada de serviço.

Essa normativa dispõe dos critérios que devem ser atendidos para projetos elétricos de entrada de serviços submetidos à Copel, para instalações atendidas em tensão secundária de distribuição 127/220 V, e nas tensões primárias de distribuição de 13,8 kV e 34.5 kV

• NTC 841001 - Projeto de Redes de Distribuição Urbana.

A norma em questão estabelece as regras gerais para a elaboração de projetos de linhas e redes de distribuição trifásicas, que possuam tensões nominas de 13,8kV e 34,5kV.

• NTC 900300 - Instalações de Combate a Incêndio.

Essa norma dispõe dos princípios gerais que devem ser atendidos pelas instalações elétricas para combate a incêndio.

Ademais, são estabelecidas também por essa concessionária especificações técnicas para equipamentos de segurança no trabalho, equipamentos de medição, entre outros; e manuais de instrução técnica, como MIT 160913 - Procedimentos de Manutenção em Redes Desenergizadas até 34,5 kV.

Pesquise mais

Para mais informações sobre as NTCs – Normas Técnicas, ETC – Especificação Técnica e MIT – Manual de Instrução Técnica, pode-se acessar:

COPEL. Disponível em: http://www.copel.com/hpcopel/normas/pesquisa.jsp. Acesso em: 10 set. 2017.

É possível também acessar as normas técnicas de outras concessionárias de distribuição de energia elétrica no país, pelo link:

Eletrobras. Disponível em: https://goo.gl/6nadFg. Acesso em: 10 set. 2017.

ENEL. Disponível em: http://www.eneldistribuicao.com.br/rj/ NormasTecnicas.aspx>. Acesso em: 10 set. 2017. CEMIG. Disponível em: http://www.cemig.com.br/pt-br/atendimento/ Clientes/Paginas/normas_tecnicas_3.aspx>. Acesso em: 10 set. 2017.

Sem medo de errar

Para iniciar o relatório proposto pela situação-problema contida no *Diálogo aberto* desta seção, nota-se a importância de se conhecer primeiramente os órgãos que regulamentam as instalações elétricas industriais. Assim como nas instalações elétricas de baixa tensão, os órgãos responsáveis pelas normas gerais de instalações de média e alta tensão são a Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT), o Ministério do Trabalho e Emprego (MET) e a Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL).

A ABNT é responsável pela elaboração das normas técnicas para projetos elétricos de média e alta tensão. Dentre as principais normas estabelecidas, estão:

- **NBR 5422:1985** Projeto de linhas aéreas de transmissão e subtransmissão de energia elétrica (procedimento).
- NBR 14039:2005 Instalações elétricas de média tensão de 1.0 kV a 36.2 kV.
- **NBR 15688:2012** Redes de distribuição aérea de energia elétrica com condutores nus.
- **NBR 10898:2013** Sistema de iluminação de emergência (procedimento).

A NBR 5422 estabelece os parâmetros mínimos que devem ser atendidos em projetos de linhas de transmissão de energia elétrica que possuem valor de tensão maior que 38 kV e menor que 800 kV, a fim de garantir um padrão de segurança e limitar perturbações nas instalações contíguas.

Já a NBR 14039 estabelece os critérios gerais que devem ser satisfeitos em uma instalação elétrica de média tensão. Dentre os aspectos analisados estão: informações a respeito dos componentes gerais de uma instalação elétrica; proteção da instalação elétrica – proteção contra choques elétricos, sobrecorrentes, sobretensões, efeitos térmicos; seccionamento e comando de dispositivos; previsão de carga; esquemas de aterramento; condições de serviço e influências externas; seleção e instalação de linhas elétricas, entre outros.

A NBR 15688 padroniza as estruturas das redes de distribuição aéreas formadas por condutores nus, atendidas por tensão de até 36,2 kW. Essa norma foi elaborada a fim de substituir a NBR 5433 e 5434, ambas de 1982.

E a NBR 10898 disponibiliza dados detalhados sobre sistemas de iluminação de emergência, analisando duas situações principais emergenciais para projetar esse sistema, sendo: falta ou falha de energia elétrica pela concessionária e desligamento voluntário em caso de incêndio na área afetada ou em áreas com materiais combustíveis

Em relação a procedimentos de segurança que devem ser executados em projetos industriais, a **NR 10** – Segurança em Instalações e Serviços de Eletricidade, fornece as informações a respeito disso, normatizadas pelo Ministério do Trabalho e Emprego (MET).

Dentre os aspectos listados nesta norma estão: (1) obrigatoriedade para empresas que possuam carga instalada superior a 75 kW, de manter diagramas unifilares das instalações elétricas com as especificações do sistema de aterramento e dispositivos de proteção; (2) obrigatoriedade na elaboração de Prontuário de Instalações Elétricas; (3) necessidade de avaliar, estudar e planejar as ações em circuitos energizados em alta tensão; (4) necessidade dos trabalhadores que exerçam atividades em áreas energizadas de possuir equipamento de comunicação com demais colegas e central; (5) necessidade de adoção de dispositivos de proteção complementar, como alarme e seccionamento automático para prevenção contra sobretensões, sobrecorrentes, fugas, aquecimentos ou para outras condições anormais de operação.

Por fim, a ANEEL estabelece as normas e os procedimentos principais para as instalações elétricas.

Dentre as principais resoluções, mencionou-se a Resolução N° 414 de 29 de setembro de 2010, que estabelece as condições

fundamentais para o fornecimento de energia elétrica. Também foram identificados alguns documentos referentes aos Procedimentos de Distribuição de Energia Elétrica no Sistema Elétrico Nacional (PRODIST), que normatizam e estabelecem um padrão para as atividades técnicas relacionadas ao funcionamento e ao desempenho dos sistemas de distribuição de energia elétrica.

Ademais, indicaram-se nesta seção algumas normas técnicas estabelecidas pela Companhia Paranaense de Energia (Copel), que tem por objetivo descrever as condições mínimas exigidas para o fornecimento de eletricidade. Dentre as normas técnicas citadas estão:

- NTC 903100 Fornecimento de tensão primária de distribuição.
- NTC 900100 Critérios para apresentação de projetos de entrada de serviço.
- NTC 841001 Projeto de Redes de Distribuição Urbana.
- NTC 900300 Instalações de Combate a Incêndio.

Avançando na prática

Iluminação de emergência

Descrição da situação-problema

Vamos imaginar a seguinte situação: é necessário quantificar um sistema de iluminação de emergência para um escritório (possui desnível), um auditório e uma sala de máquinas que possuem respectivamente 20 m², 50 m² e 100 m², de uma instalação industrial.

O sistema utilizado será composto por lâmpadas fluorescentes, de 32 watts (127 V), que possuem fluxo luminoso de 2.950 lumens. Analise, dessa forma, quantas lâmpadas serão necessárias para cada um dos ambientes, utilizando como base a fórmula abaixo.

$$E = \frac{\phi}{A} = \frac{Im}{m^2} = Iux$$

Resolução da situação-problema

Primeiramente é necessário verificar de quantos lux cada um dos ambientes necessitam.

Sabemos, portanto que:

Escritório: 20 lux.

Auditório: 5 lux.

• Sala de máquinas: 50 lux.

Como obtemos pelo enunciado a metragem de cada ambiente e o nível de iluminância da lâmpada, podemos calcular a quantidade de lâmpadas para cada local.

Para o escritório que possui 20 m², temos:

$$E = \frac{\phi}{A} = \frac{Im}{m^2} = Iux$$

Portanto, para esta área:

$$20 lux = \frac{lm}{20}$$

Dessa forma, para o escritório são necessários 400 luméns, sendo assim, uma lâmpada fluorescente já atenderia a essa demanda.

Para o auditório que possui 50 m², temos:

$$5 lux = \frac{lm}{50}$$

Nesse caso são necessários 250 luméns, portanto, 1 lâmpada fluorescente já seria suficiente.

Por fim, para a sala de máquinas que possui 100 m², temos:

50 lux =
$$\frac{lm}{100}$$

Nesse caso são necessários 5000 luméns, dessa forma, 2 lâmpadas fluorescente seriam necessárias para atender a essa demanda.

Faça valer a pena

1. Dentre as normas estabelecidas pela Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) existe uma que dispõe sobre os aspectos gerais que devem ser estabelecidos em instalações elétricas que possuem tensão nominal de fornecimento entre 1 kV e 36.2 kV.

Essa norma deve ser considerada, especialmente, em empreendimentos alimentados pela concessionária, abrangendo instalações de geração, distribuição e utilização de energia elétrica.

Dentre as particularidades abordadas nesse documento, está a descrição dos componentes gerais de uma instalação elétrica, os aspectos relacionados à proteção contra choques elétricos, sobrecorrentes, sobretensões, efeitos térmicos, entre outros.

Analisando as características descritas no texto-base, qual norma aborda esses aspectos?

- a) NBR 5410:2004.
- b) NBR 5434:1982.
- c) NBR 14039:2005.
- d) NBR 13570:1996
- e) NBR 5422:1985.
- **2.** Dentre os aspectos analisados pelas normas técnicas desenvolvidas pelas concessionárias distribuidoras de energia elétrica, estão:
- I. Classes de tensão de fornecimento de energia elétrica.
- II. Dados gerais de fornecimento da rede aérea e subterrânea.
- III. Níveis de tensão admissíveis.
- IV. Características requeridas para entradas de serviço.

Analise as afirmativas I a IV e assinale a alternativa que apresenta apenas as afirmações verdadeiras.

- a) Apenas I, II e III.
- b) Apenas I. II e IV.
- c) Apenas I, III e IV.
- d) Apenas II, III e IV.
- e) I, II, III e IV.

- **3.** A NR 10 Segurança em Instalações e Serviços de Eletricidade fornece diversas informações a respeito de procedimentos de segurança em instalações elétricas industriais. Dentre os fatores que devem ser analisados, estão:
- I. Adoção de dispositivos de proteção complementar para instalações elétricas
- II. Necessidade de especificação dos dispositivos de desligamento de circuitos que dispõem de recursos para travamento na posição desligamento, para que possam ser travados e sinalizados.
- III. Elaboração de Prontuário de Instalações Elétricas.

Analise as afirmativas I a III e assinale a alternativa que apresenta apenas as afirmações verdadeiras.

- a) Apenas I.
- b) Apenas II.
- c) I, II e III.
- d) Apenas II e III.
- e) Apenas III.

Seção 4.2

Elementos de um projeto industrial

Diálogo aberto

Olá, aluno! Nesta seção podemos dar continuidade à obtenção de conhecimentos acerca dos projetos elétricos industriais. Como já estudamos, na Seção 4.1, a respeito das principais normas e regulamentações que embasam você, como projetista, podemos dar sequência ao estudo, analisando agora os elementos principais que compõem um projeto dessa natureza.

Na Seção 3.2 aprendemos que os elementos que compõem um projeto são: memorial de cálculo, memorial descritivo, plantas (esquemas, diagramas, plantas baixas etc.), orçamento e especificações técnicas. Agora, analisaremos quais são as características intrínsecas desses elementos para os projetos elétricos industriais.

Conhecer e compreender os parâmetros que fazem parte de cada um desses elementos para instalações elétricas desse porte é essencial, pois a partir dessas informações verificaremos quais documentos devem ser desenvolvidos ao longo do projeto e quais são as especificidades da obra em questão.

Dentro desse contexto, para colocar em prática o conhecimento que será adquirido nesta seção, vamos retomar a situação do *Convite ao Estudo* desta unidade, na qual você é o responsável por instalações elétricas industriais, e deve desenvolver, executar e finalizar um projeto elétrico de alta tensão.

Para que você possa alcançar este objetivo final, é necessário compreender e apontar quais são as características gerais desses elementos, descrevendo os aspectos básicos por meio de um relatório.

Assim, como os principais elementos que compõem o projeto elétrico são classificados? Quais as características de cada um deles? Quais são as especificidades desses elementos para instalações elétricas industriais?

Para auxiliar na elaboração deste relatório contendo os componentes principais e os itens que constituem projetos elétricos industriais, esta seção dará suporte aos temas em discussão.

Espero que você esteja animado. Bons estudos e um ótimo trabalho!

Não pode faltar

Após conhecermos e compreendermos as normas gerais que norteiam as instalações elétricas industriais podemos identificar os elementos que constituem os projetos elétricos dessa natureza.

Como analisado na Seção 3.2, os projetos elétricos são compostos por cinco elementos básicos, sendo: memorial descritivo, plantas (planta baixa, planta de situação, diagramas e esquemas elétricos), memorial de cálculo, especificações de materiais elétricos e orçamento.

Nesta seção, verificaremos quais são os aspectos específicos que devem ser estudados em um projeto elétrico industrial, identificando, dessa forma, as suas peculiaridades.

Iniciaremos a análise dos elementos deste projeto, verificando as características do **memorial descritivo**. Esse documento fornece as informações básicas sobre o projeto, identificando e justificando as decisões tomadas durante o processo de sua elaboração.

Para uma instalação elétrica desse tipo, é necessário que conste os seguintes itens nesse memorial, a saber (MAMEDE FILHO, 2010):

a) Dados básicos do projeto.

Os dados básicos que devem ser obtidos são: identificação do endereço do empreendimento, identificação do ponto de entrega de energia elétrica que atenderá a indústria e as dimensões do local em análise.

b) Identificação da finalidade do projeto.

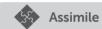
Para elaboração de projetos elétricos industriais é necessário identificar o ramo de atividade do setor e conhecer o funcionamento geral do empreendimento para que se possa projetar as instalações elétricas da melhor forma possível, a fim de atender as necessidades da empresa e a suas peculiaridades.

c) Dados sobre a subestação desta indústria.

As instalações elétricas atendidas em média ou alta tensão devem dispor de subestação para distribuição de energia elétrica. Essa subestação é, em suma, um conjunto de condutores, aparelhos e equipamentos que têm por função alterar as características da energia elétrica (tensão e corrente), para atender aos pontos de consumo em níveis adequados (MAMEDE FILHO, 2010).

Dessa forma, no memorial descritivo é necessário identificar o tipo de subestação – podendo ser abrigado em alvenaria, blindado ou ao tempo; o local de sua construção e descrever sucintamente os parâmetros utilizados para seu dimensionamento.

Ademais, assim como nos projetos elétricos de baixa tensão, é necessário apontar e documentar os dados quantitativos (relacionados à quantidade e às especificações dos materiais elétricos), a partir de uma descrição geral do projeto e de sua documentação técnica (listagem de todas as normas aplicadas, analisando as decisões tomadas na obra e as justificando).



Para a elaboração de projetos elétricos industriais é necessário considerar o ramo de atividade do setor em estudo, a fim de planejar as instalações elétricas da melhor forma possível.

De forma geral, projetos elétricos dessa categoria devem levar em conta os seguintes aspectos: flexibilidade – capacidade de se adaptar a mudanças; acessibilidade – facilidade de acesso a máquinas e equipamentos em geral; confiabilidade; e continuidade - número mínimo de interrupções no fornecimento de eletricidade (MAMEDE FILHO, 2010).

O próximo item em análise são as **plantas**, os **diagramas** e os **esquemas elétricos** que devem ser elaborados durante o projeto elétrico.

Sabemos que esses elementos são essenciais para a correta execução da obra, conforme estudamos nas unidades anteriores. Dessa forma, para as instalações elétricas industriais, que possuem características distintas, são necessárias plantas específicas, sendo requeridas, ao menos, plantas que detalhem:

a) Arquitetura do prédio.

São necessárias plantas baixas que detalhem a arquitetura do prédio, analisando e apontando as divisões entre os ambientes de produção industrial, escritórios, refeitórios, dependências em geral, entre outros.

b) Particularidades do projeto arquitetônico.

Devem ser descritas, a partir de plantas baixas todos os detalhes que possam contribuir para melhor definição do projeto elétrico. Como exemplo de características que podem ser indicadas, estão: (1) vistas e cortes do galpão industrial; (2) listagem da montagem de certas máquinas de grandes dimensões; (3) em casos de pontes rolantes, identificação e caracterização; (4) detalhes de colunas e vigas peculiares a essa construção (MAMEDE FILHO, 2010).

c) Arranjo das máquinas.

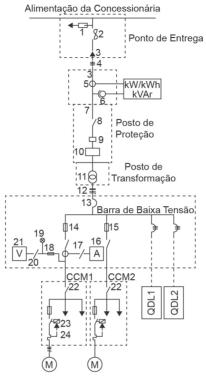
É essencial que em projetos de instalações industriais sejam elaboradas plantas baixas verificando o posicionamento e a potência nominal das máquinas a serem utilizadas, bem como a indicação dos motores que as alimentaram.

Em relação aos diagramas unifilares é essencial que no mínimo os seguintes elementos sejam representados (MAMEDE FILHO, 2010).

- i. Chaves fusíveis, seccionadores, condutores e disjuntores.
- ii. Indicação da seção dos condutores dos circuitos terminais e de distribuição.
- iii. Indicação da corrente nominal dos fusíveis.
- iv. Indicação da corrente nominal dos relés (faixa de atuação e ajuste).
- v. Indicação da potência, tensão primária e secundária, impedância dos transformadores na subestação.
- vi. Transformadores de corrente e potencial.

A Figura 4.1 nos mostra um diagrama unifilar básico de uma instalação elétrica industrial, contendo todos os elementos listados acima

Figura 4.1 | Diagrama unifilar básico (instalação industrial)



Fonte: Mamede Filho (2010, p. 29).



Qual é a importância dos diagramas unifilares em projetos elétricos industriais? Como os esquemas e representações elétricas auxiliam na execução do projeto elétrico? Por que é necessário listar/identificar separadamente o arranjo dos motores utilizados em indústrias?

O terceiro elemento que compõe o projeto elétrico, o **memorial de cálculo**, deve conter todos os detalhes acerca dos dimensionamentos e determinações das instalações elétricas. Além dos cálculos básicos que devem ser previstos (descritos na Seção 3.2) tais como: (1) previsões de carga (analisando, nesse caso, as características dos projetos industriais); (2) determinação da provável demanda (considerando as peculiaridades das instalações elétricas de média e alta tensão); (3) dimensionamento

de condutores; (4) dimensionamento de eletrodutores; (5) dimensionamento de dispositivos de proteção, é necessário determinar alguns parâmetros intrínsecos a projetos industriais.

Dentre os parâmetros que devem ser determinados estão:

a) Fator de demanda:

Este fator deve ser calculado considerando a relação de demanda máxima do sistema ($D_{\rm max}$) e a totalidade da carga ($P_{\rm inst}$) requeridas durante o mesmo período de tempo. O valor da demanda máxima do sistema é obtido a partir da curva de carga da instalação, analisando o valor máximo requerido ao sistema em determinado posto horário.

É possível determinar esse fator de demanda a partir da equação abaixo, sendo que o valor obtido é adimensional.

$$F_d = \frac{D_{\text{max}}}{P_{\text{inst}}}$$

b) Fator de carga:

O fator de carga é a razão entre a demanda média e a demanda máxima, requeridas em determinado instante de tempo. O valor da demanda média é obtido a partir do consumo de energia solicitado dividido pelo intervalo de tempo de uso.

Dessa forma, o valor do fator de carga se relaciona ao período de carga diário, mensal e anual, geralmente. Quanto maior for o período de tempo analisado, menor deverá ser o valor obtido, sendo que o fator de carga deve sempre ser um valor maior que zero e menor que um (MAMEDE FILHO, 2010).

O fator de carga diário pode ser obtido por:

$$F_{cd} = \frac{D_{med}}{D_{max}}$$

O fato de carga mensal pode ser obtido por:

$$F_{cm} = \frac{C}{730 \times D_{\text{max}}}$$

Em que:

C: consumo de energia elétrica durante determinada faixa de tempo;

 D_{\max} : demanda máxima no sistema durante a mesma faixa de tempo (kW);

D_{max}: demanda média do período (kW);

730: média de horas mensais.

Quando se obtém valores elevados desse fator, observa-se que existe uma otimização dos investimentos da instalação elétrica, um aproveitamento racional e um aumento da vida útil das instalações elétrica e uma redução do valor da demanda de pico (MAMEDE FILHO, 2010).

c) Fator de simultaneidade:

Esse fator relaciona a demanda máxima do grupo de dispositivos elétricos pela soma das demandas individuais dos mesmos dispositivos em determinado instante de tempo.

Para análise correta desse cálculo é necessário realizar um estudo minucioso das cargas instaladas, a fim de evitar subdimensionamento em circuitos e equipamentos nessas instalações industriais.

A Tabela 4.1 fornece os fatores de simultaneidade para diversos equipamentos industriais.

Tabela 4.1 | Fatores de simultaneidade

Amerialhas	Número de aparelhos								
Aparelhos	2	4	5	8	10	15	20	50	
Motores: 3/4 a 2,5 cv	0,85	0,80	0,75	0,70	0,60	0,55	0,50	0,40	
Motores: 3 a 15 cv	0,85	0,80	0,75	0,75	0,70	0,65	0,55	0,45	
Motores: 20 a 40 cv	0,80	0,80	0,80	0,75	0,65	0,60	0,60	0,50	
Motores: acima de 40 cv	0,90	0,80	0,70	0,70	0,65	0,65	0,65	0,60	
Retificadores	0,90	0,90	0,85	0,80	0,75	0,70	0,70	0,70	
Soldadores	0,45	0,45	0,45	0,40	0,40	0,30	0,30	0,30	
Fornos resistivos	1,00	1,00	-	-	-	-	-	-	
Fornos de indução	1,00	1,00	-	-	-	-	-	-	

Fonte: Mamede Filho (2010, p. 12).

d) Fator de utilização:

A partir do fator de utilização é possível obter a potência média dos dispositivos elétricos instalados. Para isso, basta multiplicar o fator de utilização indicado para determinado aparelho com sua potência nominal.

A Tabela 4.2 fornece os fatores de utilização para diversos equipamentos industriais.

Tabela 4.2 | Fatores de utilização

Aparelhos	Fator de utilização				
Fornos à resistência	1,00				
Secadores, caldeiras etc.	1,00				
Fornos de indução	1,00				
Motores: ³ / ₄ a 2,5 cv	0,70				
Motores: 3 a 15 cv	0,83				
Motores: 20 a 40 cv	0,85				
Motores: acima de 40 cv	0,87				
Soldadores	1,00				
Retificadores	1,00				

Fonte: Mamede Filho (2010, p. 13).

e) Correção do fator de potência:

As instalações elétricas possuem diversos equipamentos que apresentam baixo fator de potência (fp), devido a suas características específicas. Dessa forma, é necessário realizar uma correção desse fator, pois o baixo valor do fp representa uma baixa eficiência das cargas instaladas e uma sobrecarga para o sistema elétrico.

Analisaremos, então, a correção do fator de potência através de capacitores. Podendo ser:

- i. Correção na entrada de energia em baixa tensão: essa correção é utilizada em instalações elétricas com elevado número de cargas com potências nominais diferentes e regimes de utilização pouco uniformes.
- ii. Correção por grupo de cargas: é utilizado para corrigir o fp de um pequeno conjunto de cargas.

iii. Correção localizada: é instalado junto à carga da qual se deseja corrigir o fp (GEDRA; BARROS; BORELI, 2014).

Pesquise mais

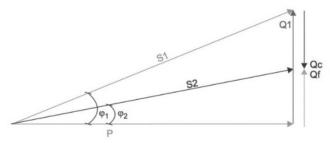
Para adquirir mais conhecimentos sobre correção do fator de potência, leia os livros a seguir:

GEDRA, Ricardo Luiz; BARROS, Benjamim Ferreira de; BORELI, Reinaldo. **Geração, transmissão, distribuição e consumo de energia elétrica.** São Paulo: Érica, 2014, p. 68-89.

MAMEDE FILHO, João. **Instalações elétricas industriais**. 8. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2010, p. 138-174.

Para compreender como é realizada essa compensação, vamos analisar a Figura 4.2. A partir dessa representação é possível verificar o triângulo de potência com compensação por banco de capacitores. Nesse caso, o capacitor fornece a potência reativa Qc, a potência ativa P é mantida constante, a potência reativa resultante é a Qf, correspondente à potência compensada, e a potência aparente final é representada por S2.

Figura 4.2 | Triângulo de potência



Fonte: Gedra: Barros: Boreli. (2014).

É importante destacar que quanto menor o ângulo entre a potência ativa (P) e a potência reativa (Q), menores são as perdas de energia, e maior a eficiência do sistema.

É possível, ainda, extrair as seguintes equações com base na Figura 4.2:

$$Q_1 = P \times \operatorname{tg}(\varphi_1)$$

$$Q_f = P \times \operatorname{tg}(\varphi_2)$$

$$Q_c = Q_1 - Q_f$$

$$fp = \cos(\varphi)$$

Em que:

Q1 – potência reativa da rede antes da instalação dos capacitores.

Qf – potência reativa da rede depois da instalação dos capacitores.

Qc – potência do capacitor a ser instalado.

 φ_1 – ângulo do fp original.

 φ_2 – ângulo do fp pretendido.

P – potência ativa.



Para analisarmos como funciona o cálculo de dimensionamento de capacitores, imagine que em uma indústria exista uma carga instalada de 1.800 kW, que possua fp de 0,8 (indutivo). Deseja-se que o fator de potência atinja o valor 0,92.

Assim, é necessário calcular o valor do ângulo de fp,

$$fp = \cos \varphi$$

$$fp_1 = 0.8$$

$$fp_2 = 0.92$$

$$\varphi = arc\cos(fp)$$

Temos, portanto:

$$\varphi_1 = arc\cos(0.8) = 36.87^{\circ}$$

$$\varphi_2 = arc\cos(0.92) = 23.07^{\circ}$$

Logo após pode-se calcular a potência reativa,

$$Q_c = Q_1 - Q_f$$

$$Q_c = P \times (tg(\varphi_1) - tg(\varphi_2))$$

$$Q_c = 1800 \times (tg(36,87^\circ) - tg(23,07^\circ)) = 583,35 \text{ kVAr}$$

Considerando bancos de capacitores de 50 kVAr, temos:

$$C = \frac{583,35}{50} = 11,67 = 12$$

$$Q_c = 12 \times 50 = 600 \text{ kVAr}$$

Por fim, os dois últimos elementos que compõem o projeto, as **especificações técnicas dos materiais** e o **orçamento**, podem ser analisados a partir dos mesmos parâmetros listados para projetos de baixa tensão. Lembrando que para listar a relação de materiais elétricos para instalações industriais é necessário descrever também suas características mecânicas e dimensionais

Em relação ao orçamento é importante considerar os custos dos materiais elétricos, o custo de mão de obra, os custos adicionais (margem de risco) e as despesas indiretas, como estudado na Seção 3.2.

Sem medo de errar

Para iniciar o relatório proposto pela situação-problema contida no *Diálogo aberto* desta seção, nota-se a importância de se conhecer os principais elementos que compõem os projetos de instalações elétricas industriais. Como estudamos na Seção 3.2, os componentes principais são: memorial descritivo, plantas, memorial de cálculo, especificações dos materiais elétricos e orçamento.

Portanto, como já aprendemos a respeito das características gerais na unidade anterior, vamos focar, neste relatório, na descrição das características intrínsecas aos projetos industriais.

Dessa forma, para o primeiro elemento indicado, o **memorial descritivo**, devem ser obtidos dados básicos do projeto, como a identificação do empreendimento e a identificação do ponto de entrega da energia elétrica. Além desses dados, é necessário identificar a finalidade do projeto, apontando qual é o ramo de atividade industrial em análise, a fim de conhecer o funcionamento geral do empreendimento e, assim, projetar as instalações elétricas da melhor forma possível. Por fim, neste memorial devem ser documentados os dados a respeito da subestação dessa indústria, como localização, classificação e quantidade.

Os próximos elementos elencados são as **plantas** ou **diagramas elétricos**. É importante que, para projetos elétricos dessa categoria, alguns esquemas peculiares sejam obtidos, tais como plantas baixas da arquitetura do prédio; esquemas com particularidades do projeto arquitetônico, como vistas e cortes do galpão industrial e listagem da montagem de certas máquinas de grandes dimensões; esquemas e plantas baixas contendo o arranjo das máquinas elétricas.

Ademais, nos diagramas unifilares, deve-se representar, no mínimo, os seguintes elementos:

- (1) Chaves fusíveis, seccionadores, condutores e disjuntores.
- (2) Indicação da corrente nominal dos fusíveis.
- (3) Indicação da corrente nominal dos relés (faixa de atuação e ajuste).
- (4) Indicação da potência, tensão primária e secundária, impedância dos transformadores na subestação.
- (5) Transformadores de corrente e potencial.

Em relação ao **memorial de cálculo** (terceiro elemento indicado), além dos cálculos para a previsão de carga; provável demanda de carga; determinação dos condutores; determinação dos eletrodutos e determinação dos dispositivos de proteção; deve-se determinar alguns fatores, a saber:

- i Fator de demanda
- ii. Fator de carga.

- iii. Fator de simultaneidade.
- iv. Fator de utilização.

É também necessário, devido às características dos equipamentos que as instalações industriais utilizam, realizar a correção do fator de potência, e todos os cálculos devem ser documentados neste memorial.

Por fim, os últimos elementos que compõem o projeto elétrico são as **especificações técnicas** e o **orçamento**.

Em relação às especificações é necessário detalhar a quantidade, os aspectos mecânicos e dimensionais dos materiais e dispositivos utilizados. E, para o detalhamento do orçamento, devem ser analisados os custos dos materiais elétricos, o custo de mão de obra, os custos adicionais (margem de risco) e as despesas indiretas.

Avançando na prática

Correção do fator de potência

Descrição da situação-problema

Vamos supor a seguinte situação: você, como projetista, está elaborando um projeto elétrico industrial e, após analisar a obra em questão, verificou que um dos equipamentos que serão utilizados possui fator de potência muito baixo. Nesse contexto, a fim de melhorar a eficiência energética e também de evitar problemas de sobrecarga neste local, a melhor solução encontrada é corrigir esse fp com um banco de capacitores.

Sabendo que a carga instalada desse equipamento é de 3.000 kW, que seu fp é 0,85 (indutivo) e que o valor de fp que se deseja obter é 0,92, estabeleça os critérios gerais para o dimensionamento desse banco de capacitores.

Resolução da situação-problema

Primeiramente, devemos estabelecer as equações a serem utilizadas

$$Q_{1} = P \times tg(\varphi_{1})$$

$$Q_{f} = P \times tg(\varphi_{2})$$

$$Q_{c} = Q_{1} - Q_{f}$$

$$fp = \cos(\varphi)$$

Obtemos todos os dados necessários para os cálculos no enunciado, sendo:

$$fp_1 = 0.85$$

 $fp_2 = 0.92$
 $P = 3000$

Portanto,

$$\varphi = arc \cos(fp)$$

$$\varphi_1 = arc \cos(0.85) = 31.79^{\circ}$$

$$\varphi_1 = arc \cos(0.92) = 23.07^{\circ}$$

$$Q_c = 3000 \times (tg(31.79^{\circ}) - tg(23.07^{\circ}))$$

$$Q_c = 581.6 \text{ kVAr}$$

Considerando bancos de capacitores de 50 kVAr, têm-se

$$C = \frac{581,6}{50} = 11,63 = 12$$
$$Q_c = 12 \times 50 = 600 \text{ kVAr}$$

Por fim, um banco de capacitor com 12 unidades de 50 kVAr cada será instalado para correção do fp.

Faça valer a pena

- **1.** A respeito dos fatores que devem ser calculados em projetos elétricos industriais, analise os itens a seguir e os associe às suas características gerais.
- I Fator de carga.
- II Fator de demanda.
- III Fator de utilização.
- () Relaciona a demanda máxima do sistema à totalidade da carga conectada no mesmo instante de tempo.
- () Relaciona a demanda média e a demanda máxima, requeridas em determinado instante de tempo.
- () Fornece a potência média dos aparelhos elétricos instalados.

Analise os itens I a III e os relacione às colunas (respectivamente).

- a) I, II, III.
- b) II, I, III.
- c) |, |||, ||.
- d) ||, |||, |.
- e) III, I, II.
- 2. A respeito do fator de carga, pode-se afirmar que:
- I. Esse valor pode ser calculado para períodos de carga diário, mensal e anual.
- II. Quanto menor for o período de tempo analisado para esse fator, menor será o valor obtido para ele.
- III. O fator de carga é um valor adimensional, que deve sempre ser maior que zero e menor que um.

Analise os aspectos citados (I a III), e assinale a alternativa que corresponde às afirmativas corretas.

- a) I, II e III.
- b) Apenas I e II.
- c) Apenas II e III.
- d) Apenas I e III.
- e) Apenas III.

3. Qual seria o fator de carga mensal de uma indústria, que possui consumo mensal de 150.000 kWh, e demanda máxima de 650 kW?

A partir dos dados acima, obtenha o valor do fator de carga.

- a) 0,15.
- b) 0,23.
- c) 0,28.
- d) 0,32.
- e) 0,43.

Seção 4.3

Elaboração de um projeto industrial

Diálogo aberto

Olá, aluno! Nesta seção podemos finalizar a apresentação de conteúdos que o embasarão acerca dos projetos elétricos industriais. Após analisar as normas e as diretrizes base na Seção 4.1, identificar e compreender os componentes que constituem um projeto elétrico industrial na Seção 4.2, poderemos agora compreender todas as etapas que compõem este projeto. E, a partir da identificação e da obtenção de conhecimentos sobre esses elementos, poderemos alcançar nosso objetivo final, de projetar uma instalação elétrica industrial.

Para colocar em prática o conhecimento que será adquirido nesta seção, vamos retomar a situação do *Convite ao Estudo*, na qual você é o responsável por instalações elétricas industriais, e deve desenvolver, executar e finalizar um projeto elétrico de alta tensão.

Dentro deste contexto, como última tarefa antes de efetivamente iniciar o projeto, você deverá compreender e identificar todas as etapas principais que o constituem, descrevendo detalhadamente as peculiaridades que devem ser analisadas em instalações elétricas industriais. Dentre os elementos que deverão ser listados e descritos estão: determinação de informações preliminares; quantificação da instalação elétrica; determinação e dimensionamento dos componentes; dados sobre fornecimento de energia elétrica; especificações técnicas e listagem dos equipamentos.

Assim, quais são as principais etapas que integram um projeto elétrico industrial? Quais são as particularidades de uma instalação elétrica industrial? Quais fatores devem ser analisados em cada uma das fases?

Para auxiliar na elaboração desse relatório contendo o roteiro com as principais etapas e itens que constituem um projeto elétrico industrial atendido em alta tensão, esta seção dará suporte aos temas em discussão.

Espero que você esteja animado. Bons estudos e um ótimo trabalho!

Não pode faltar

Após termos identificado e compreendido as normas, regulações e diretrizes acerca dos projetos elétricos industriais, e também termos obtido conhecimento sobre os componentes que estabelecem um projeto dessa natureza, podemos seguir adiante e, como último passo, identificar todas as etapas que constituem e caracterizam os processos de iniciação, desenvolvimento, elaboração e finalização de instalações elétricas atendidas em média e alta tensão

Dessa maneira, assim como nos projetos elétricos de baixa tensão, analisaremos o processo, dividindo-o em 05 aspectos básicos: (1) análise inicial; (2) quantificação da instalação; (3) determinação e dimensionamento dos componentes; (4) fornecimento de energia elétrica; e, (5) especificações técnicas e listagem dos equipamentos.

É importante salientar que nesta seção o foco principal será informar a respeito das características intrínsecas dos projetos industriais, sendo assim, os aspectos estudados nas outras seções ao longo desta disciplina, que constituem também este projeto, serão apenas citados. A seguir, analisaremos cada um dos aspectos mencionados anteriormente

1. Análise inicial do projeto

Para iniciar um projeto elétrico industrial é necessário coletar e obter informações preliminares para auxiliar em sua elaboração e execução. Para isso três fatores principais devem ser analisados, a saber:

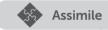
i. Conjunto de plantas da indústria:

As informações coletadas por meio do conjunto de plantas, esquemas e diagramas elétricos auxiliarão no desenvolvimento do projeto, pois a partir desses dados poderão ser identificados detalhes de divisões nos ambientes, arranjos de máquinas, vistas e cortes no galpão, entre outros.

Dessa forma, é essencial que o projetista tenha acesso ao menos a: (1) planta de situação – situa o local em estudo no contexto urbano; (2) planta baixa de arquitetura do prédio – indica toda área de construção, detalhes de divisão de ambientes de produção industrial, área administrativa e dependências em geral; (3) planta baixa do arranjo de máquinas – indica a projeção das máquinas em suas determinadas posições; (5) plantas de detalhes – indicam todas as peculiaridades da obra em questão, podendo ser obtidas informações sobre detalhes na estrutura no prédio, vistas e cortes da indústria, entre outros (MAMEDE FILHO, 2010).

ii. Condições de suprimento de eletricidade:

É importante obter informações sobre o fornecimento de energia elétrica na região em que a indústria será alocada. Como estamos tratando de empreendimentos atendidos em média e alta tensão, é necessário coletar junto à concessionária distribuidora de energia elétrica dados relacionados à garantia de suprimento da carga requerida, variação de tensão de suprimento, faixas de tensão de fornecimento e tipo de sistema de suprimento (radial simples, radial com recurso).



Dentre as opções de sistemas de suprimento de energia elétrica para instalações elétricas industriais temos o radial simples e o radial com recurso.

O **sistema radial do tipo simples**, como o próprio nome sugere, é o tipo de alimentação para atendimento em média e alta tensão em indústrias mais simples e também o mais utilizado devido a seu custo de implantação. Esse sistema possui fluxo de potência em um único sentido (da fonte para a carga).

Em contrapartida, o **sistema radial com recurso** possui sentido de fluxo de potência variável, ou seja, o sentido do fluxo de potência pode ser alterado de acordo com as condições de carga do sistema. Ademais, esse sistema pode ser operado como: sistema radial em anel aberto ou sistema radial seletivo.

iii. Características dos equipamentos:

Para posterior previsão de carga na instalação elétrica é necessário analisar e conhecer as especificações dos equipamentos

que serão utilizados na indústria. Dessa forma, o projetista deverá inicialmente conhecer a funcionalidade da empresa e, assim, verificar quais são os principais equipamentos em uso.

Em geral, é necessário averiguar sobre os motores: potência, tensão, corrente, frequência, número de polos, número de fases, tipos de ligações possíveis, regimento de funcionamento (MAMEDE FILHO, 2010). Já a respeito dos fornos a arco devem-se adquirir dados sobre: potência do forno, potência de curto-circuito do forno, potência do transformador do forno, tensão, fator de severidade (MAMEDE FILHO, 2010).

Ademais, se forem utilizadas outras cargas de grande porte deverão ser analisadas as peculiaridades, realizando um estudo particular sobre cada uma.

2. Quantificação da instalação

A segunda etapa do projeto se relaciona à quantificação da instalação elétrica. Como projetos elétricos industriais são mais complexos, para a previsão de pontos de utilização devem-se considerar parâmetros diferenciados para áreas administrativas e para áreas específicas de processos industriais.

Sendo assim, para as áreas administrativas devem ser seguidas as orientações sobre o número de tomadas por dependência, número de pontos de luz por circuito, entre outros, dispostas pela NBR 5410:2004 (MAMEDE FILHO, 2010).

Já para as áreas destinadas a processos industriais propriamente, é necessário analisar as características dos equipamentos em uso, determinando as cargas desses dispositivos devido a suas especificidades. Para a previsão de iluminação, devem ser seguidos os parâmetros estabelecidos por projetos luminotécnicos, tema discutido na Seção 2.3.

Sendo assim, a quantificação da instalação elétrica industrial é obtida pela soma das cargas prevista de tomadas de uso geral, tomadas de uso específico e iluminação das áreas administrativas e das áreas destinadas a processos industriais (áreas de manufaturados).



Caro aluno, já parou para refletir por que as cargas instaladas em áreas industriais devem ser previstas de forma diferenciada? Quais características diferenciadas devem ser analisadas? Quais os problemas que um mau dimensionamento pode causar a este local?

3. Determinação e dimensionamento dos componentes

A terceira etapa do projeto elétrico compreende a determinação e o dimensionamento de todos os componentes. Dentre os itens que devem estar listados estão:

i. Dimensionamento da entrada de serviço:

Conforme analisado na Seção 3.3, a entrada de serviço de uma instalação elétrica deve ser dimensionada conforme a demanda máxima prevista (kVA) da unidade consumidora.

Para esse dimensionamento é necessário analisar os dados padronizados pela concessionária distribuidora de energia elétrica local e verificar quais parâmetros devem ser utilizados.

ii. Divisão da carga em blocos:

Em instalações elétricas industriais é importante dividir as cargas pré-determinadas em blocos. Para a determinação desses blocos devem ser considerados os setores individuais de produção no local e o valor de cada carga instalada, bem como sua localização, a fim de avaliar a queda de tensão.

É importante apontar que, dependendo das dimensões do setor, é possível dividi-lo em dois blocos de carga. Por fim, é imprescindível que cada bloco possua um quadro de distribuição terminal com alimentação e proteção individuais (MAMEDE FILHO, 2010).

iii. Determinação da localização dos quadros de distribuição de circuitos terminais:

Para instalações elétricas industriais alguns aspectos devem ser considerados para a determinação do local de instalação dos quadros de distribuição de circuitos terminais, sendo: (1) instalação no centro de carga, conforme orientações da Seção 2.1 (esse fator é desejável, porém nem sempre é possível instalar o quadro neste

local, devido a uma série de fatores); (2) próximo à linha geral dos dutos de alimentação; (3) afastado da passagem de funcionários; (4) em ambientes bem iluminados; (5) em locais de fácil acesso; (6) em locais não sujeitos a gases corrosivos, inundações, entre outros; (7) em locais de temperatura adequada.

iv. Determinação da localização do quadro de distribuição geral:

Para instalações elétricas industriais alguns aspectos devem ser considerados para determinação do local de instalação do quadro geral de distribuição, sendo: (1) estar instalado se possível na subestação ou área próxima; (2) ficar próximo às unidades de transformação.

v. Dimensionamento dos condutores e tubulações:

Para o dimensionamento dos condutores e tubulações é preciso seguir algumas orientações e utilizar alguns métodos, como o da queda de tensão e capacidade de condução de corrente, aplicando também o critério da seção mínima, descritos na Seção 1.3.

vi. Determinação da localização da subestação:

Normalmente esse dado já está determinado quando o projetista recebe as informações preliminares do projeto, em função do arranjo arquitetônico. Porém, se for possível determinar a localização da subestação, em função do local tecnicamente mais favorável, indica-se instalar a subestação próxima aos centros de carga da indústria, evitando gastos excessivos com alimentadores longos e condutores de seção mais elevada (MAMEDE FILHO, 2010).

vii. Determinação e correção do fator de potência:

De posse dos dados de previsão de carga da instalação elétrica, conhecendo assim as cargas ativas e reativas que serão implantadas, é possível determinar o fator de potência e verificar a necessidade da instalação de bancos capacitores para manter o fator de potência dentro dos limites estipulados pela legislação. Os dados detalhados sobre correção de fator de potência estão disponíveis na Seção 3.2.

viii. Determinação das correntes de curto-circuito:

De posse dos valores das seções dos condutores, e a partir

das definições da rede de alimentação, é necessário calcular as correntes de curto-circuito em cada ponto da instalação, principalmente nos pontos em que serão instalados equipamentos e dispositivos de proteção.

Pesquise mais

Para adquirir mais conhecimentos sobre os cálculos de curto-circuito, leia:

MAMEDE FILHO, João. **Instalações elétricas industriais**. 8. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2010. p. 176-197.

ix. Determinação dos valores de partida dos motores:

É necessário determinar os valores de partida dos motores, a fim de identificar e dimensionar os dispositivos de acionamento necessários, assim como os elementos de proteção que deverão ser utilizados

x. Determinação dos dispositivos de proteção:

Para determinação dos dispositivos de proteção é necessário averiguar quais equipamentos serão utilizados e analisar as características, conforme os aspectos descritos na Seção 2.2.

xi. Determinação da demanda de potência:

Conforme as características das cargas e o tipo de operação da indústria deve-se projetar a demanda requerida ao sistema elétrico.

Para auxiliar nessa determinação são utilizados fatores de projeto, tais como fator de simultaneidade, fator de demanda, fator de carga e fator de utilização, para determinar a demanda de potência.

Como regra geral, utilizam-se os seguintes parâmetros para o cálculo da demanda:

(1) Demanda de aparelhos:

O valor de demanda dos aparelhos é determinado a partir da multiplicação da potência nominal pelo fator de utilização. Porém, para motores e equipamentos especiais, devem-se analisar também os fatores de serviço e de rendimento.

Para determinar a demanda do motor elétrico, é necessário utilizar as seguintes equações:

$$P_{eim} = P_n \times F_{um}$$

$$D = \frac{P_{eim} \times 0,736}{\eta \times F_{o}}$$

Em que:

 $P_{\it eim}$: potência no eixo no motor (cv).

 P_n : potência nominal do motor (cv).

 $F_{\!\mathit{um}}$: fator de utilização do motor.

 η : rendimento do motor.

 F_p : fator de potência do motor.

D: demanda solicitada da rede.

Exemplificando

Para exemplificar o cálculo de determinação da demanda solicitada da rede por um motor elétrico, vamos supor a utilização de um motor que possui 20 cv (potência nominal), fator de potência de 0,83, fator de utilização de 0,85 e rendimento de 0,90.

A partir desses dados, podemos obter a potência no eixo do motor, sendo de:

$$P_{eim} = P_n \times F_{um}$$

 $P_{eim} = 20 \times 0.85 = 17 \text{ cv}$

De posse do valor da potência no eixo, podemos determinar a demanda solicitada da rede.

Temos, portanto:

$$D = \frac{P_{eim} \times 0,736}{\eta \times F_{p}}$$

$$D = \frac{17 \times 0,736}{0,90 \times 0,83} = 16,75 \text{ kW}$$

(2) Demanda dos quadros de distribuição parciais:

O valor da demanda dos quadros de distribuição parciais é obtido multiplicando as demandas individuais dos aparelhos pelo fator de simultaneidade

(3) Demanda do quadro de distribuição:

O valor da demanda do quadro de distribuição geral é obtido somando todas as demandas dos quadros de distribuição parciais, e aplicando o fator de simultaneidade adequado.

xii. Determinação da malha de terra:

Para determinação da malha de terra é necessário conhecer alguns fatores sobre o local, como a natureza do solo, as correntes de falta fase-terra e os tempos de atuação dos dispositivos de proteção (MAMEDE FILHO, 2010).

Alguns dados relativos ao dimensionamento de aterramentos foram disponibilizados na Seção 3.3.

Pesquise mais

Para adquirir mais conhecimentos sobre os sistemas de aterramento e suas especificações, leia:

MAMEDE FILHO, João. **Instalações elétricas industriais**. 8. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2010. p. 394-421.

4. Fornecimento de energia elétrica

Para determinação das condições de atendimento de energia elétrica de uma instalação atendida em alta tensão é necessário analisar as tarifas disponibilizadas pelas concessionárias de energia.

Para o grupo A (alta tensão), é previsto o fornecimento de energia pela modalidade tarifária horo-sazonal. Essa modalidade é disponibilizada apenas para esse grupo, e nela são aplicadas tarifas diferenciadas de consumo de energia elétrica e de demanda de potência, de acordo com as horas de utilização do dia (ponta ou fora de ponta) e dos períodos do ano (seco ou úmido), podendo ser de dois tipos:

i. Tarifária horo-sazonal azul: nessa modalidade os valores cobrados pelo consumo e pela demanda variam de acordo com o posto horário (horário de ponta e fora de ponta). No caso de acontecer uma ultrapassagem na demanda contratada é cobrado um valor excedente apenas se a demanda registrada ou medida ultrapassar em mais de 5% o valor da demanda contratada. É importante destacar que a tarifa cobrada por ultrapassagem no valor da demanda contratada equivale a 2x o valor da tarifa normal.

ii. Tarifa horo-sazonal verde: nessa modalidade o valor da demanda contratada é único, independentemente da hora do dia ou período do ano, e o valor de consumo é cobrado de acordo com o posto horário (horário de ponta e fora de ponta). Neste caso, também é cobrado um excedente na demanda apenas se a demanda registrada ou medida ultrapassar em mais de 5% o valor da demanda contratada.

É importante analisar também em qual subgrupo a indústria em estudo se enquadra, pois existem restrições para a adoção das modalidades tarifárias, devendo ser seguidas as devidas orientações:

i. Para os consumidores dos subgrupos A1, A2 ou A3, é obrigatório o enquadramento na estrutura tarifária horosazonal azul e opcional para os consumidores dos subgrupos A3a, A4 e AS (PROCEL, 2011);

ii. A opção de enquadramento na estrutura tarifária Verde somente é possível para as unidades consumidoras do Grupo A, subgrupos A3a, A4 e AS (PROCEL, 2011).

Ademais, para solicitação de fornecimento de energia elétrica é necessário entrar em contato com a concessionária distribuidora e analisar quais aspectos são considerados para o pedido de fornecimento de energia, conforme citado na Seção 3.3.

5. Especificações técnicas e listagens dos equipamentos

Por fim, a última etapa que contempla o projeto elétrico são as especificações técnicas dos componentes. É importante elaborar

uma lista ou uma relação de quantidade dos componentes que deverão ser utilizados, e indicar produtores similares com a mesma qualidade, para que o consumidor tenha opções de escolha.

Sem medo de errar

Para iniciar o relatório proposto pela situação-problema contida no *Diálogo aberto* desta seção, um roteiro geral para a elaboração de um projeto elétrico industrial atendido em alta tensão, é necessário identificar e apresentar as principais características de cada etapa.

Primeiramente é importante destacar as cinco principais etapas a serem cumpridas, sendo: análise inicial, quantificação da instalação, determinação e dimensionamento dos componentes, fornecimento de energia e especificações técnicas e listagens dos equipamentos.

A fase inicial do projeto, a **análise inicial das informações**, deve apontar os principais dados, que devem ser coletados antes de iniciar o projeto propriamente dito, que auxiliarão em sua elaboração e execução. Dentre os elementos que devem ser obtidos nesta fase estão: (1) conjunto de plantas da indústria; (2) condições de suprimento de eletricidade; (3) características dos equipamentos.

Para a segunda fase do projeto, relativa à **quantificação da instalação elétrica** é necessário prever e valorar todas as cargas instaladas na indústria. É importante analisar as áreas manufaturadas e as áreas administrativas separadamente para essa quantificação, pois cada um desses locais possui normas e diretrizes diferentes que devem ser seguidas. Dessa forma, no final da previsão, devemse somar as cargas totalizadas em cada uma das áreas citadas e determinar o valor final de carga.

A próxima etapa do projeto compreende o **dimensionamento** e a **seleção de componentes**. Nessa etapa deve-se determinar e selecionar os seguintes elementos:

- 1. Dimensionar a entrada de serviço.
- 2. Divisão de carga em blocos.

- 3. Determinar a localização dos quadros de distribuição de circuitos terminais.
 - 4. Determinar a localização do quadro de distribuição geral.
 - 5. Dimensionar os condutores e tubulações.
 - 6. Dimensionar os dispositivos de proteção.
 - 7. Determinar a localização da subestação.
 - 8. Correção de fator de potência.
 - 9. Determinar as correntes de curtos-circuitos.
 - 10. Determinar os valores de partida dos motores.
 - 11. Determinar a demanda de potência.
 - 12. Determinar a malha de terra.

A seguir, a quarta etapa corresponde à coleta de dados sobre o pedido de **fornecimento de energia elétrica**. Para empreendimentos atendidos em alta tensão analisou-se a necessidade de se conhecer as modalidades tarifárias disponíveis e adotar a que melhor atender aos requisitos do projeto. Verificou-se que existem 2 tipos: horo-sazonal verde e horo-sazonal azul. Ademais, para o pedido de fornecimento de eletricidade é necessário entrar em contato com a concessionária distribuidora e analisar quais aspectos são considerados para o pedido de fornecimento de energia.

Por fim, a última etapa do projeto, **especificação técnica e listagem de equipamentos**, deve prever a elaboração de uma lista, descrevendo a quantidade de equipamentos e especificidades de cada dispositivo necessário para a execução da obra.

Avançando na prática

Determinando a demanda de potência

Descrição da situação-problema

Analise as tabelas a seguir.

Tabela 4.3 | Fatores de utilização

Aparelhos	Fator de utilização	
Motores: ³ / ₄ a 2,5 cv	0,70	
Motores: 3 a 15 cv	0,83	
Motores: 20 a 40 cv	0,85	
Motores: acima de 40 cv	0,87	

Fonte: Mamede Filho (2010, p. 13).

Tabela 4.4 | Motores assíncronos trifásicos com rotor

Potência nomi- nal (cv)	Potência ativa (kW)	Fator de po- tência	Rendimento
3	2,2	0,76	0,82
5	4	0,83	0,83
7,5	5,5	0,83	0,83
10	4,5	0,85	0,83
15	11	0,82	0,83
25	18,5	0,82	0,86
30	22	0,88	0,89
40	30	0,89	0,90
50	37	0,89	0,91

Fonte: Mamede Filho (2010, p. 221).

De posse dessas informações, informe a demanda de potência solicitada da rede de um motor assíncrono trifásico com rotor que possui potência nominal de 50 cv.

Resolução da situação-problema

A partir dos dados disponíveis nas Tabelas 4.3 e 4.4, podemos obter o fator de utilização, o fator de potência e o rendimento desse motor.

Portanto, temos que:

 $F_{um}: 0.87$

 $F_{p}: 0.89$

 η : 0,91

De posse desses dados é possível determinar então a potência de eixo desse motor.

Dessa forma, temos que:

$$P_{eim} = P_n \times F_{um}$$

$$P_{eim} = 50 \times 0,87 = 43,5 \text{ cv}$$

De posse do valor da potência no eixo, podemos determinar a demanda solicitada da rede

Temos, portanto:

$$D = \frac{P_{eim} \times 0,736}{\eta \times F_p}$$

$$D = \frac{43,5 \times 0,736}{0.91 \times 0.89} = 39,53 \text{ kW}$$

Faça valer a pena

- **1.** A respeito da determinação da demanda de potência, analise os itens a seguir e os associe às suas características gerais.
- I. Demanda de aparelhos.
- II. Demanda dos quadros de distribuição parciais.
- III. Demanda do quadro de distribuição geral.
- () Esse valor é obtido a partir da multiplicação das demandas individuais dos aparelhos pelo fator de simultaneidade.
- () Esse valor é obtido a partir da soma de todas as demandas dos quadros de distribuição parciais, e da aplicação do fator de simultaneidade adequado.
- () Esse valor é obtido a partir da multiplicação da potência nominal pelo fator de utilização.

Analise os itens I a III, e os relacione às colunas (respectivamente).

- a) I, II, III.
- b) I, III, II.
- c) II, I, III.
- d) II, III, I.
- e) III. I. II.

- 2. Para determinação da demanda solicitada da rede por um motor elétrico, deve-se analisar os seguintes fatores:
- I. Potência nominal e potência de eixo do motor (cv).
- II. Fator de utilização e fator de potência do motor.
- III Rendimento do motor

Analise os aspectos citados (I a III), e assinale a alternativa que corresponde às afirmativas corretas

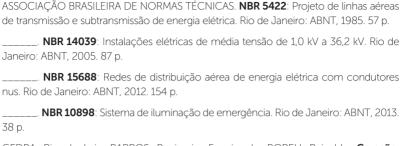
- a) Apenas II e III.
- b) Apenas I e III.
- c) I II e III
- d) Apenas I e II.
- e) Apenas II.
- 3. Para determinação das condições de atendimento de energia elétrica para sistemas atendidos em alta tensão, é necessário conhecer as características das modalidades tarifárias

Uma dessas modalidades tarifárias disponíveis cobra pelo consumo e pela demanda, variando o valor de ambos de acordo com o posto horário. Os consumidores que devem aderir a essa modalidade são os pertencentes aos subgrupos A1, A2 ou A3 (uso obrigatório), e os subgrupos A3a, A4 e AS têm a possibilidade de se enquadrar nessa tarifa ou não (uso opcional).

Qual modalidade tarifária se enquadra nas características descritas acima?

- a) Tarifa horo-sazonal verde.
- b) Tarifa horo-sazonal azul
- c) Tarifa convencional
- d) Tarifa monômia.
- e) Tarifa branca.

Referências



GEDRA, Ricardo Luiz; BARROS, Benjamim Ferreira de; BORELI, Reinaldo. **Geração, transmissão, distribuição e consumo de energia elétrica**. São Paulo: Érica, 2014. 144 p. MAMEDE FILHO, João. **Instalações elétricas industriais**. 8. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2010.

666 p.

MINISTÉRIO DO EMPREGO E TRABALHO - MTE. **NR 10**: Segurança em instalações e serviços de eletricidade. 2004. 14p.

PROGRAMA NACIONAL DE CONSERVAÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA - PROCEL. Manual de tarifação da energia elétrica. Rio de Janeiro: Eletrobras, 2011. 55 p. Disponível em: http://www.mme.gov.br/documents/10584/1985241/Manual%20de%20Tarif%20En%20El%20-%20Procel_EPP%20-%20Agosto-2011.pdf. Acesso em: 11 set. 2017.



